雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 149
2014 AUGUST



核一廠用過核燃料的乾式貯存

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.149 雙月刊

AUGUST 中華民國一〇三年八月號

特別報導

讀者論壇

專題報導

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠

編　者　的　話

日前，馬英九總統參加第2屆2014台灣永續峰會時指出，台灣90%的能源仰賴進口，所以不能放棄任何選項，台灣也沒有放棄的條件，需要找到最合適的能源組合；同時也強調，在減碳條件下，又要逐步達成非核家園的目標，任何決定都要非常謹慎。

根據報導，德國能源轉型引發的電價上漲讓企業和民眾都怨聲載道，因其造成供電穩定性下降、電力市場混亂和電網擴建瓶頸等問題。此外，根據統計，德國實施能源轉型以來，二氧化碳排放量不降反升。在本期「能源危機—德國製造」一文中闡述，德國為達「廢核電、抗暖化」二大能源目標，大力發展再生能源，但結果卻使得富者更富、貧者更貧的「劫貧濟富」窘境。「澄清院士連署書的誤解」一文中也提到，德國為發展再生能源導致電費大漲和2011年中有20萬次超過3分鐘的停電。文中也提及，火力與核能是提供穩定電力的主要能源，所以，廢核就需要火力電廠。而火力電廠產生的空污問題，根據統計，美國每年有3萬人因火力發電污染死亡，數十萬人有氣喘、心臟和呼吸道毛病；全球一年有134萬人因空污早逝。

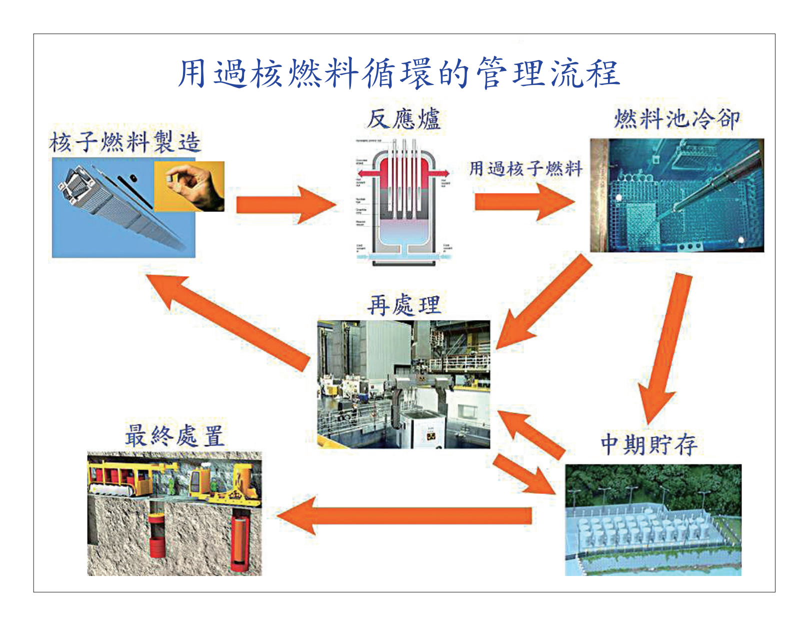
由於核一廠運轉執照效期為40年，其廠內用過核燃料池（溼式貯存）容量不足以容納運轉40年退出的所有用過核燃料。因此，台電公司規劃於廠區內興建乾式貯存設施，以滿足其運轉40年的貯存需求。本期編輯室特為讀者整理「核一廠用過核燃料的乾式貯存」一文，期使讀者對於乾式貯存設施能有多一點的認識。

現今再生能源技術雖愈臻成熟，但尚無法克服穩定供電的障礙；而決定封存核四的政策也著實令人擔憂。雖然未廢核，但封存期間的保存、保養問題，人才流失，建築體或管線是否因封存過久而老化等。且如前所述，廢核就得需要化石燃料發電補足電力需求，而化石能源使用過程中會排放較多的二氧化碳；但是經濟部次長杜紫軍也指出，台灣在2010年對國際做出溫室氣體減量承諾，如果無法達成，恐將遭國際抵制。一個接著一個的難題，牽一髮而動全身，任何一個決策都需要仔細思量考慮啊！

核一廠用過核燃料的乾式貯存

文．編輯室

核一廠興建於民國67年，是我國最早的核電廠，因此累積的用過核燃料數量最多，由於設計的用過核燃料水池容量有限，因此，參照核能先進國家的作法，台電公司計畫在核一廠區內興建乾式貯存設施，以使核一廠能持續安全運轉。至於為何需要興建乾式貯存設施的相關議題，以下詳加說明。首先來談用過核燃料的處置方式：



如何處置用過核燃料？

核燃料在核電廠的反應爐內經過分裂反應發電之後，退出反應爐就是用過核燃料。我國用過核燃料的營運流程分為3個階段：

1.近程－放在核電廠內的用過核燃料池內，等待熱度降低、輻射減弱；

2.中程－在核電廠內的乾式貯存設施繼續降溫、減少輻射；或是送往國外進行再

更正啟事

第 148 期核能簡訊第 1-5 頁「核四停工的衝擊──引發經濟大海嘯」專訪稿，中華經濟研究院梁啟源董事長希望表達的理念應為核四若「停建」將導致台灣全面性的經濟危機，較之「停工」更為嚴重，標題應更正為「核四停建的衝擊──引發經濟大海嘯」。此為編輯室的疏忽，特此更正，並向梁啟源董事長致歉。

處理，回收可再利用的核物料之後，剩餘的萃取殘渣物，再以玻璃固化；

3.長程—設置最終處置設施，進行最終處置。

用過核燃料只要妥善處置，不會對人體健康造成傷害。

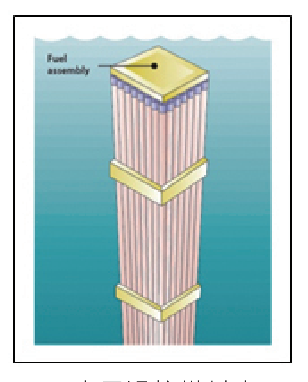
一、水池冷卻

剛從反應爐中移出來的用過核燃料，溫度還很高，必須放進用過燃料水池中以循環冷卻水冷卻，同時等待它的放射性日漸衰減。

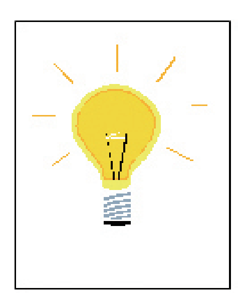
二、乾式中期貯存

用過核燃料退出反應爐，在用過燃料池內經過充分冷卻之後，因為熱度降低，如果不經過再處理，就可以移到乾式貯存設施。以核一廠為例，用過核燃料每束的熱量小於125瓦，因此放在乾式貯存設施內經由空氣的自然對流，就可以有效降溫。

乾式貯存是運用自然對流的方式，常溫空氣經由混凝土護箱底部的進氣口流入，空氣變熱後上升，再由混凝土護箱頂部的出氣口自動排出。即使發生停電也不必擔心冷卻的問題。



一束用過核燃料束



125 瓦燈泡



▲核一廠乾式貯存設施示意圖

世界核能先進國家的乾式貯存設施已有20年以上的安全使用經驗，這類設施能有效防止過熱或輻射外洩等意外事故的發生。

截至2013年12月為止，全世界的乾式貯存設施共有123座，分布於歐洲、美洲、亞洲及非洲共22個國家；其中美國的乾式貯存設施已有69座，德國16座、加拿大有7座。

三、再處理

用過核燃料中含有鈾（96%）及鈽（1%），都是珍貴的有用資源，可以經過再處理的程序回收再利用，最後剩餘的廢棄物只有3%左右，需要最終處置的廢棄物體積與數量將會大幅減少。我國未來將會適時評估用過核燃料再處理的可能性。

四、最終處置

將用過核燃料經過極嚴密的包封之後，直接埋在地表下數百公尺深的地層

之中，使它們與人類的生活環境相隔絕。

目前加拿大、芬蘭、瑞典、西班牙等國家已經採用最終處置的策略。瑞典也已經選定佛斯馬克為最終處置場址，並於2011年3月申請建造執照，預定於2025年完工啟用。

芬蘭則選定在歐基盧歐圖建造最終處置設施，2012年提出建造申請，預計2020年開始進行最終處置。

核一廠用過核燃料乾式貯存設施

目前台電公司推動的核一廠乾式貯存設施位於核一廠廠區內西南方的空地（約0.45公頃），興建完成後，可供核一廠運轉40年（至民國107年）的需要。本計畫預定裝置30組混凝土護箱，用來貯存1,680束用過核燃料（每組護箱容量56束）。

核一廠乾式貯存設施設計採更保守更安全的廠界劑量限值0.05毫西弗，是國內及美國法規劑量限值0.25毫西弗的1/5。

對於用過核燃料完整性的檢驗，除依據法規要求進行運轉紀錄的審視確認外，更進一步進行抽樣啜吸檢驗加以驗證。同時24小時監控乾式貯存場區的輻射劑量、溫度、邊坡穩定與保安管制。

核一廠的用過核燃料乾式貯存設施目前正向新北市府申請核發水土保持計畫完工證明書，之後才能進一步進行熱測試，以取得使用執照。

乾式貯存設施安全嗎?

核一廠的乾貯設施是以密封鋼筒包覆，同時外加水泥屏蔽，如同室內處置；



▲美國 Connecticut Yankee 核電廠──混凝土護箱實景（NAC-UMS 乾式貯存設施）



▲美國 Vogtle 核電廠──混凝土護箱實景（HI-STORM 100 乾式貯存設施）



核一廠乾式貯存設施重要組件圖

事實上，過多的障蔽反而不利空氣對流散熱，國外也多是採用露天存放。

值得一提的是，密封鋼筒使用的材質為304L不銹鋼，經過美國金屬協會測試證明，不易腐蝕；而且乾貯期間的密封鋼筒溫度高於環境溫度（約70℃），會產生空氣自然對流，鹽分不易潮解，不易有氯離子腐蝕現象。過程中並有完整監測計畫，不會造成放射性物質外洩。

目前美國已有3個核電廠的乾貯設施經過美國核能管制委員會（NRC）核定共可使用60年。核一廠用過核燃料乾貯設施的貯存護箱設計使用年限訂為50年。未來原能會若核發核一廠乾貯設施運轉執照，執照期限最長為40年，比設計使用年限50年更為保守。且要求台電公司每10年都應執行安全評估，安全管制作業遠比美國還嚴格，民眾可以放心。

核一乾貯設施不會成為最終處置場

至於民眾最關心的核一廠乾貯設施會不會成為最終處置場？依據環保署環境影響評估審查委員會第170次會議決議，「開會單位應依承諾用過核燃料應於本計畫設施使用40年後移出，且本中期貯存設施不得轉作最終處置場所」。

原能會對於用過核燃料乾式貯存設施運轉執照的有效期間，依據物管法施行細則27條規定，最長為40年，不會做為最終處置場。

此外，台電公司依物管法提出用過核燃料最終處置計畫，處置場預定於2055年啟用。原能會已要求台電公司參照美國藍帶委員會建議，研究規劃未來乾式貯存設施執照到期的因應替代措施，於用過核燃料最終處置計畫第二階段「候選場址評選與核定階段」結束時，若無法依時程順利提出候選場址，則應參考美國藍帶委員會對美國能源部的建議方式，於2029年啟動集中式乾式貯存設施的場址選擇，以確保乾式貯存設施的用過核燃料可以移出，所以民眾可以安心乾貯設施不會成為最終處置場。

龍門核電廠建廠管制報導

文・編輯室

5月22日原能會函送台電公司視察備忘錄編號LM-會核-103-015，有關兩部機共212件碳鋼蝶型閥，其不鏽鋼閥座環與碳鋼閥體銲接銲道不符合銲接作業法規要求，請台電公司澄清與改善。

5月22日原能會開立注意改進事項編號AN-LM-103-004-0，因進行水災巡查作業現場視察時，發現許多穿越孔尚不具備可進行水災巡查的條件，故要求電廠暫停，待改善工程完成後再執行巡查作業。

5月22日原能會開立核能視察備忘錄編號LM-會核-103-14-0，因龍門電廠在進行地震巡查作業的工安準備與要求均不足，巡查人員有遭高壓電電擊的風險，故要求電廠比照試運轉的規定，工安人員在場監督確認符合安全要求，以及由設備主辦人員開啟外箱，以確保巡查人員生命安全。

6月3日原能會函復台電公司對注意改進事項編號AN-LM-102-011-4-3改善情形的審查意見。本案是請台電公司平行展開特殊門施工安裝結果與設計圖面是否一致進行查證，惟答覆內容仍有：（a）150樘特殊門僅提出26樘不符合圖面的查核結果；（b）不符合圖面設計的查證結果，是否均依品保作業要求開立NCR管制；（c）仍有設計圖面符合性與設計變更作業符合性，以及缺少佐證文件等情形，請台電公司再補正資料並澄清。

6月3日原能會函復台電公司對注意改進事項編號AN-LM-100-006第9次答覆的審查意見，要求（a）有關PSI檢測作業中對於製造及安裝廠家程序比較；（b）檢測作業的位置與尺寸檢討補正；（c）檢測紀錄的完整性與可追溯性加強；（d）爐內組件的廠製及安裝檢測作業及紀錄作為PSI檢測紀錄規劃的合理性等要求再澄清說明，並要求再答覆時應由具中級以上目視檢測資格人員回覆。

6月16日原能會函復台電公司提送「台電公司龍門施工處2號機移用至1號機設備清單」的相關意見，要求補充列入1/2號機拆除與安（回）裝廠商及結案狀態；另挪用設備的品質紀錄檔案（QRP）與檢驗文件是否進行註記或更正，以及挪用至1號機過程中有關拆卸／安裝作業品質文件與現場設備標章問題（1號機廠房內安裝2號機設備），有無相關作業程序書管控等問題，要求台電公司澄清；後續答覆要求台電公司併入AN-LM-102-012注意改進事項追蹤管制。

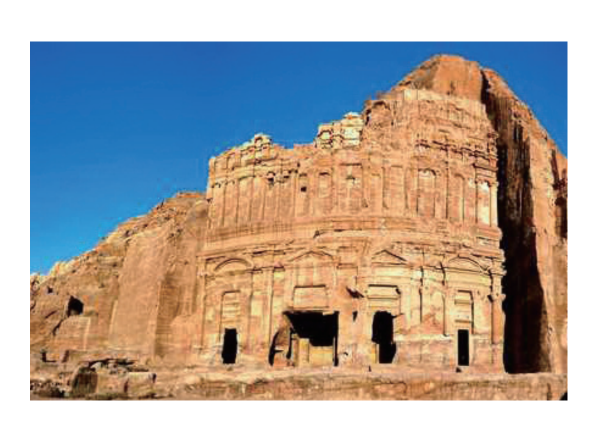
看看別人，想想自己——約旦的核電路

文．葉宗洸

日前陪同約旦原子能委員會主委陶康博士、美國麻省理工學院黎斯德教授，以及中央研究院院士同時也是國際知名中子物理專家陳守信教授，拜會馬英九總統，馬總統致詞時重申我國對於穩健減核的立場以及核四封存的考量；之後雙方交談長達40分鐘，陶康博士、黎斯德教授及陳守信教授分別就其對於國家總體能源使用提出看法與建言。令人遺憾的是，在隨後發出的總統府新聞稿中僅出現總統的致詞內容，國際訪客針對總統所言提出的看法與建言卻隻字未提，府方此舉實在有失禮數，也失去交流訪問的意義。事實上，3位專家學者的發言極具建設性，尤其是陶康博士所代表的約旦，近年來電價不斷的高漲，該國能源多元化的迫切性已變得非常高，因而亟思解決之道，他也在此次拜會中提出了具體的經驗分享與建議。

陶康主委目前負責核能和平利用的推廣與發展業務，會談中他特別引用約旦能源使用的轉折經驗來呼應馬總統的談話。

約旦位處中東的阿拉伯半島，土地面積是台灣的2.5倍，但總人口數卻只有約我國的1/4，其基本資料如右表所示。印象中的中東國家似乎都有不虞匱乏的油源，約旦卻是少數幾個不產石油的國家之一，與我國相似的是，約旦98%以上的能源也是仰賴進口。約旦的鄰國伊拉克盛產石油，在兩國交好的時期，約旦可以每桶20美元的價格從伊拉克購得石油；但後來約旦因親西方而疏遠伊拉克，2006年起便無法再從伊拉克取得便宜的石油，而改從國際市場採購石油，導致約旦的能源價格飆升。



在超過70%的電力是以燃油發電方式取得的情況下，即使約旦政府全面補貼，約旦人民仍須支付每度22美分（相當於6.5元新台幣）的電價，而持續使用高價的油與天然氣發電的結果，政府已預估電價還會以每年17%的幅度上漲，至少至2017年都將如此。約旦不是富裕的國家，人均國內生產毛額（GDP）只有4,200美元，政府和人民都無法長期負擔持續上漲的電價，目前只能以不斷舉債的方式度過難關。

約旦政府深切明白自身的資源非常有

限，也瞭解能源安全的重要性，因此對於能源取得的規劃一直是以多元化爲原則。就電力供應而言，約旦可向鄰國購電，但因價格過高，除了2011年曾達11%外，過去5年均未超過5%。另一方面，約旦擁有可觀的油頁岩礦藏，但基於戰備儲存及環保考量，目前並未考慮加以開採。再生能源也是選項之一，但適用於中東地區的太陽能發電無法成爲基載電力，因而未被正式納入選項。現階段約旦的能源進口仍以石油及天然氣爲主，近年與伊拉克關係改善後，伊拉克將透過造價180億美元的原油管道供應約旦石油和天然氣。

有鑑於過去與鄰國關係時好時壞，導致能源供應不穩定，約旦政府更加明白能源安全的重要性，同時也理解化石燃料絕非永續能源的選項，以及碳排放量因此居高不下的事實。於是，約旦政府決心在多元化能源供應的選項中，納入屬於準自產能源且價格相對穩定便宜的核能，這是阿拉伯半島上繼阿拉伯聯合大公國及沙烏地阿拉伯之後，第3個表態發展核能發電的國家。約旦政府規劃在2020年即能有100萬瓩的電力產出，其後並會繼續追加興建400至600萬瓩容量的核電廠。

在結語中，陶康主委再度提及台灣現行的低廉電力價格令人稱羨，他不認爲在放棄核能之後，台灣的低電價還能持續維持下去，但他也能夠理解台灣最終將透過公投來決定核四廠存廢的背後考量，畢竟高電價的約旦也並非人人都支持興建核電廠（民調顯示62%的民眾表態支持）。不過，他以約旦及台灣在能源進口的處境相同（in the same boat）爲前提，愷切建議我國政府應努力保有現在的核能發電規模，以避免重蹈約旦能源安全不足及電價飆升的覆轍。

台灣的人口密度高，用電量每年持續增加，考量海島型的地理位置及無鄰國可援助的電網，我們對於能源安全的要求更高，在政府決定將已幾乎完工的核四廠2部機組封存之際，我們都應該理性並仔細地考量，到底下一步該如何走？約旦全國的海岸線總長度只有緊鄰紅海的27公里，約旦河流域更存在著地質斷層，爲什麼還是要加入眾多持續使用核能或即將使用核能國家的行列？我們不妨一起看看別人，想想自己。

（本文作者爲國立清華大學工程與系統科學系教授兼系主任）

	約　旦	台　灣
土地面積	89,213平方公里	36,193平方公里
人口數	6.4百萬人	23.4百萬人
人均GDP	4,255美元	20,927美元
能源進口比率	>98%	>98%
主要發電方式	98%火力發電 (71%燃油、27%燃氣)	75%火力發電 (39%燃煤、34%燃氣、2%燃油)
每度民生用電價格	6.5元新台幣	2.8元新台幣

註：以上資料均為 2013 年數據

為核四商轉給鄉親們的信

文 · 江仁台、趙嘉崇

敬愛的台灣鄉親們大家好：

我們早年在台灣受教育後，到國外進修，曾在核能相關單位實作30多年，嫻熟核電廠設計運作、風險與效益等分析。目前，我們雖身居海外但心在台灣。

媒體載「核四廠1號機6月24日通過一次圍阻體整體性洩漏率測試，官方設定安全值為每日0.375%，實際測試結果為每日0.14685%，安全合格。」該測試是核電廠安全測試最難的一項，因要找出圍阻體中的細小洩漏點，難度很高。至此，1號機已經實質完工，可裝填燃料以低功率試運轉。

核四採用進步型沸水式反應爐的安全功能包括：1.反應爐提高了爐內泵的性能，同時省略了大型外循環泵。2.全數位化反應爐的保護系統，確保高水準的可靠性，並簡化了安全檢測和應變能力。3.全數位化反應爐控制系統使得控制室可容易的、更快速的控制電廠的營運和流程。4.改進緊急爐心冷卻系統，提供了對預防事故發生一個非常高水準的保障。嚴重事故後，反應爐將立即停機。衰變熱將被餘熱移除系統排出，緊急爐心冷卻系統將啟動。萬一電廠停電，進步型沸水式反應爐可完全自動化解沒有冷卻水的事故，而且運轉員可以3天不需操作。3天內，運轉員必須及時補充緊急冷卻系統供水。這些改進使反應爐明顯的比核一、二廠的沸水式反應爐更安全。GE公司的安全度評估顯示，爐心損壞事件發生的或然率不超過600萬年1次，這是一個極其安全的指標。

美華核能協會（下文簡稱美華核協）認為福島電廠（老式沸水反應爐）被海嘯損害了安全設備，引起核子事故，主要原因是運轉員在第一時間沒有引進海水用以冷卻爐心。沒有採取這項措施，是因為日本核電業界大部分不瞭解核電大事故的嚴重性，而缺乏此項應變的能力。美華核協詳細研讀了日本下議院福島事故調查報告，其結論清楚指明，起因不是地震和海嘯，完全是人為的失誤。這種失誤在台灣不會發生。

除核四進步型沸水式的高安全裝置，台電還增加「斷然處置」新安全措施，就是使用在高地儲存生水池的水，由重力差（不需電力）灌入核電廠內，避免發生爐心熔毀。基於核四先進高安全裝置和台灣核電管理紀錄遠優

於日本（台灣全球第5名贏過日本第26名），美華核協認為核四廠不會發生福島式核災。

美華核協分析世界強國能源策略的走向，認為不可能有「放棄核電」的這個選項。太陽能、風能等各類再生能源，實際應用上各有它們的先天限制，最勉強只能做到輔助的角色。德國表面上是決定了「非核家園」的政策，但可以從鄰國輸入不足的用電量，又受到俄國的特別照顧，輸入廉價的燃油和天然氣。作為海島經濟體的台灣，沒有放棄核電的條件。

龍門核四電廠是國家的重大建設，投資巨大，已接近完工。當年核准興建時是經過慎重評估的巨大投資，也都是民脂民膏，除非有重大缺失，完全無法補正，否則不可封存或廢棄。美華核協認為龍門不應封存，必須打鐵趁熱，在原能會嚴審核准後，應立刻裝填燃料以低功率試運轉。核四早日商轉，台灣才能有廉價的電力帶動經濟發展，年輕人才能有好的未來。

耑此　敬祝

闔家安康

美華核能協會現任與前任會長

江仁台、趙嘉崇 敬上

核四廠 1 號機通過「一次圍阻體整體性洩漏率測試」



一次圍阻體整體性洩漏率測試（ILRT）主要是在加壓下，測試結構體內鋼板焊接處、管路、閥門的洩漏率。用來驗證一次圍阻體的密封性，確保核電廠一旦發生核子事故時，外洩的輻射量不會超過法規要求，運轉後的電廠也要每 10 年再進行測試。國際標準為每日 0.375%，也就是在圍阻體內加滿壓力後，一天內所洩出壓力不能超過 0.375%。

一次圍阻體整體性洩漏率測試是核電廠安全測試最難的一項，因為要找出圍阻體中的細小洩漏點，難度很高，過去核一、二、三廠建廠時，一次圍阻體整體性洩漏率測試都經過一番波折才過關。

5 月進行一次圍阻體整體性洩漏率測試加壓一半時，就已經發現洩漏率達每日 0.33%，台電預判再加壓將會高於國際標準每日 0.375%，因此暫停測試並進行查漏工作。找到洩漏源並進行修護後，再進行測試，6 月 24 日已宣布一次圍阻體整體性洩漏率測試安全合格！實際測試結果為每日 0.14685%，小於國際標準每日 0.375%。

5 月時未達國際測試標準，媒體大幅報導吵得沸沸揚揚的議題，鮮少人還會再關心後續發展。而 6 月 24 日通過測試時，媒體上的報導卻少的可憐。民眾的印象仍停留在負面的訊息，造成不安與恐懼，媒體是否也該負一些責任？

最佳能源組合

台灣需要核四

文．江仁台、鄒成虎、張枝峰、趙嘉崇

今（2014）年5月23日，日本《朝日新聞》報導，福島核一廠廠長吉田承認他做錯決定：中央控制室裡的運作人員於事故晚間便已察覺到緊急隔離冷凝器的功能異常，懷疑是否為冷卻水不足，並報告吉田，也建議吉田可用柴油運作的幫浦注入冷卻水。然而，由於吉田當時不瞭解緊急隔離冷凝器的運作條件，卻指示「繼續向核反應爐注水」。難怪一年後日本下議院調查報告指明問題是：「對上級盲目的服從…事故純為日本製造。」

日前台北美國商會發布《2014台灣白皮書》指出，太陽能和風力等再生能源確實應該推廣，但這類能源永遠無法在台灣占很大比重，「畢竟不可能天天都是大晴天，風也不會吹個不停」。能源是國家安全議題，台灣需要平衡和穩定的最佳能源組合，包括核一、二、三廠延役。另外，美國總統歐巴馬最近宣布，在2030年前，把美國電廠的二氧化碳排放量，按2005年的標準減少30%，瞄準的目標是要大幅減少全美碳污染的最大來源（火力電廠）。



2012年，台灣電力為73.4%火力、18.4%核能、3.4%太陽能與風力等。觀諸全球暖化的惡果與地球村民的責任，即使台灣繼續全力發展受制於氣候和土地條件、不穩定的太陽能與風能，仍無法取代核能，更遑論降低火力比例，倡議廢核四實在害己害人。

台灣目前恐慌的反核四，大多是不解或誤解實際狀況而造成的，如中國時報6月5日文章〈大陸蛙跳效應〉所舉的核四難題：「台灣的核四，設計上與福島反應爐同款，為第3代核電廠，面臨同樣風險。」該受訪者連核四（進步型沸水式）設計上與福島反應爐（沸水式第3型，為第2代核電廠）不是同款、安全度比福島電廠高很多都弄不清楚，其結論產生誤導就可想而知了。把核四與40年前建的福島

濮勵志博士解說

好奇心強的讀者可能會問，為什麼吉田會下令向反應爐注水？難道不對嗎？答案是在全黑（無直流、交流電）情況下，洩壓閥打不開，反應爐壓力維持在 70 大氣壓，移動式柴油發電機趨動的小型泵，泵頭根本打不進水去。相對的緊急冷凝器二次側，水箱在圍阻體外的廠房，是人可去的大氣壓力，很容易就能去灌水。

福島 1 號機屬沸水式第 3 型，有此緊急冷凝器，全世界只有 4 台早期的沸水式反應爐有此設置，包括我工作 20 年的另一沸水式反應爐廠美國 Oyster Creek 電廠。吉田身為領導，竟不知其用，可歎！

但福島 2、3、4 號機，屬較新的沸水式第 4 型，根本沒有緊急冷凝器，也因為打不開洩壓閥灌不進水，在 3 天後相繼熔毀，所以錯不在吉田一人。那 3 天裏他們應先利用被動式排熱的 RCIC（Reactor Core Isolation Cooling System）和 HPCI（High Pressure Core Injection），都是用反應爐本身蒸氣趨動透平和水泵，從主冷凝器取水，向反應爐注水。等主冷凝器水用完時，在汽機廠房內也可做到人力補水，和 1 號機一樣，就沒事了。

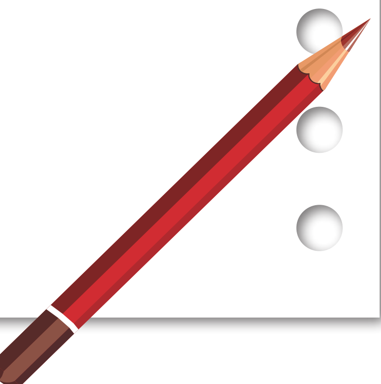
電廠設計並列，不倫不類。

其實，三哩島雖無一人因為輻射而死亡，然科學家仍努力找出事故原因據以改善，美式核電廠已不再重複發生類似事故，且美國核電廠近20年安全績效大幅改善，台灣核電廠亦復如此，即為證明。

至於說「大陸自行研發出最先進第4代核電廠，大幅超越美、俄」，也與事實有明顯出入。因大陸建造的高溫反應爐技術自德國引進，再加改良，目前正建造初始型高溫反應爐。我們不能認同受訪者因追望那天際絢麗的彩虹（初始型高溫反應爐），而踩壞了足邊成熟的玫瑰（進步型沸水反應爐—即核四機型）；那是不切實際、得不償失的。

對於這類失真、誤導的報導，海內外有經驗的核能工作者（包括筆者）當義無反顧地澄清。觀諸國內種種抹黑謬論的反核者，可拿得出站上國際的學術論文嗎？

台灣的核一、核二、核三，商轉的安全紀錄良好，30多年來，其穩定廉價的電力對環保和經濟發展貢獻良多。核四比核一、核二、核三更先進，將來安全商轉應無技術問題，這點筆者以30多年在美國核能公司工作的經驗，可以在台電按規定測試完，原能會嚴審合格後，為核四安全商轉背書。



核四封存的結果及替代方案？



文．劉國忠

急廢核電的可能結果

我國再生能源還不穩定，目前只能靠天吃飯，因而並不能替代核四基載。如果核四無法營運，且核一、二、三廠營運滿40年之後無法延役（4.7-11.1年後），這種急廢核電的結果將包括：

1.電價大幅上漲：日本福島事故後以天然氣替代核電的情況將在台灣廢核後重現，每年將多花上千億元來購買天然氣（約400億度／年）[註1]，造成電價大幅上漲（台灣的能源條件比日本還不如，比德國更相差甚遠）。此種電價上漲對節能及發展再生能源則略為有利。

2.對社會民生大為不利：物價將因電價大幅上漲而高漲，民眾的購買力也因此大幅下降。對青、中年人的未來及老年人的退休都大為不利。核四若不商轉，全民還需負擔其工程費用2,838億元。

3.限電：根據日本福島事故後的經驗，限電將難以避免，其程度將視電源開發、節電及再生能源的發展而定。但目前所知，開發新電源已來不及，且容易遭遇抗爭。再生能源則無法穩定發電，政府也要有錢支持發展再生能源。

4.經濟發展將受阻：電價、物價上漲及限電將造成企業競爭力的衰退，外資恐裹足不前，能外移的產業將大舉外移，台灣的經濟前途堪慮。



5.加速氣候變遷：氣候變遷所造成的極端氣候是本世紀最大的挑戰。以天然氣（約0.5公斤／度）替代幾乎是零CO_2的核電後，CO_2排放量將增加約2千萬噸／年。

6.對核廢料的影響不大：核一、二、三在民國68年起即陸續商轉，故核廢料存在已久。急廢核電後還是要處理核廢料問題，差異不大。

7.政府的承諾將跳票：我國政府在福島事故後提出「不限電、維持合理電價、維持減碳承諾」三大原則，此三大原則將不得不跳票。

2014年4月下旬（林義雄先生絕食時），東京大學前校長有馬朗人（曾任日本文部大臣、參議員及我國科技顧問）率領的16人高階考察團[註2]正在台灣訪問。4月27日的「日本核電再出發論壇」中對日本現況有清楚描述：日本政府以提高核能安全性及加速重整核能為目標，並計畫於今年內重啟核電，以改善缺乏核電所造成的電價上漲與限電，經濟、氣候的變遷，及社會民生等問題，並彰顯其對核能發展正常化的決心（日本執政黨也同樣有競選的壓力）。

日本的高階考察團並對台灣的核電提出建議：「核一、二、三廠延役及完成核四，並確立可永續的核能後端營運（核廢料），否則會危及國家存亡，陷年輕一代的未來於危機之中。」

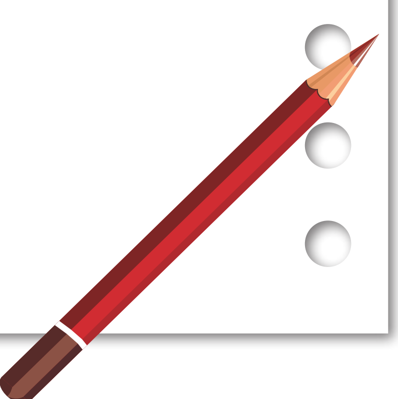
核四封存的替代方案？

林義雄先生的絕食導致政府不得不封存核四，但日本高階考察團的說明則顯示：1.地震及海嘯比台灣嚴重[註3]、已發生福島核災且二戰尾聲受原子彈轟炸的日本，都在以核安為前提下重啟核電，台灣在確保核安下不應將核一、二、三廠延役嗎？2.林義雄先生是否瞭解日本核電的最新發展？

（本文作者為中鋼公司高專）

註：

1. 根據台電的資料顯示，民國 102 年天然氣與核電的燃料成本分別為 3.53 元／度與 0.35 元／度，相差 3.18 元／度，請見：http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-a24.aspx?LinkID=2
   此點與日本福島事故後每年需多花 3.6 兆日圓購買液化天然氣接近（2014.04.27 論壇中日本高階考察團報導：2013 年日本液化天然氣及轉運的費用為 16.1 美元／MMtbu，美國平均為 3.73 美元／MMtbu，差距甚大）。
2. 日本高階考察團除由東京大學前校長有馬朗人率領外，計有自民黨幹事長代行及眾議員細田博之，其他眾議員及參議員 6 人、理事長 4 人、理事及專務 4 人共 16 人。
3. 由美國政府所屬 NOAA 對西元前 1650 年 - 西元後 2010 年海嘯的統計資料（共 3,660 年），可看出日本的海嘯問題確較台灣嚴重：http://www.srh.noaa.gov/jetstream/tsunami/images/tsu_source_full.jpg



眾所矚目的新式能源——頁岩氣

著・岩間剛一　譯・朱鐵吉

進入21世紀迄今已超過10年，頁岩氣使世界資源地圖產生革命性的變化，原油2/3的蘊藏量集中在中東地區，1970年代2次石油危機使沙烏地阿拉伯成為石油輸出國家組織（OPEC）中的佼佼者，有關石油政策、原油價格及國際石油情勢均受其影響。但是，美國於2年前成為震源地，擺脫中東的石油與天然氣，頁岩氣和頁岩油的生產開始出現。

美國德州南部急速進行頁岩氣和頁岩油的開發，在硬岩盤中頁岩蘊含著甲烷（天然氣主成分）輕質原油及粗製天然氣。頁岩油層與一般的油層和天然氣層有差異，水的滲透率非常低，只有1萬分之一的程度。掘井至頁岩油田並不能自動噴出原油，經濟性極低，使得大型國際石油資本國家最初都放棄開採。

美國中型石油氣業擁有龐大的資金，因海外油田開發的外交交涉效果不彰，轉而開發美國頁岩氣田，採用水平掘削法（

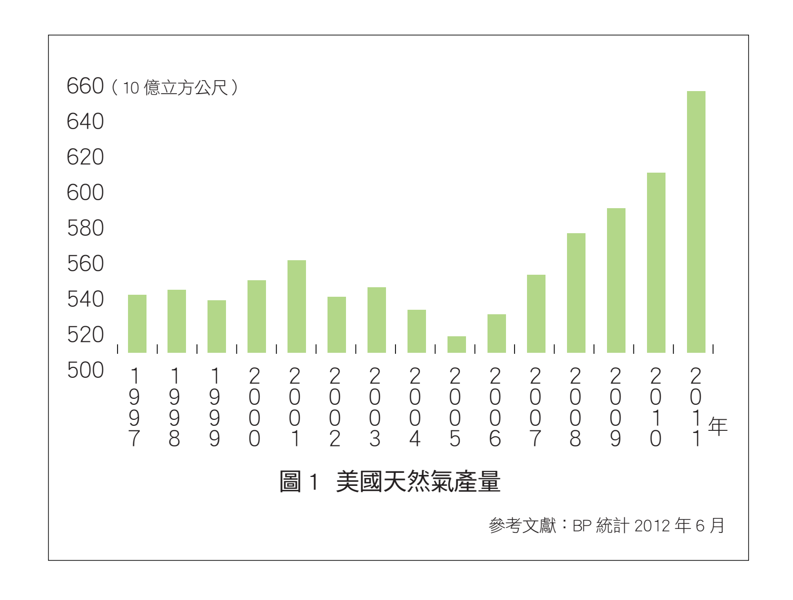


圖1　美國天然氣產量

參考文獻：BP統計2012年6月

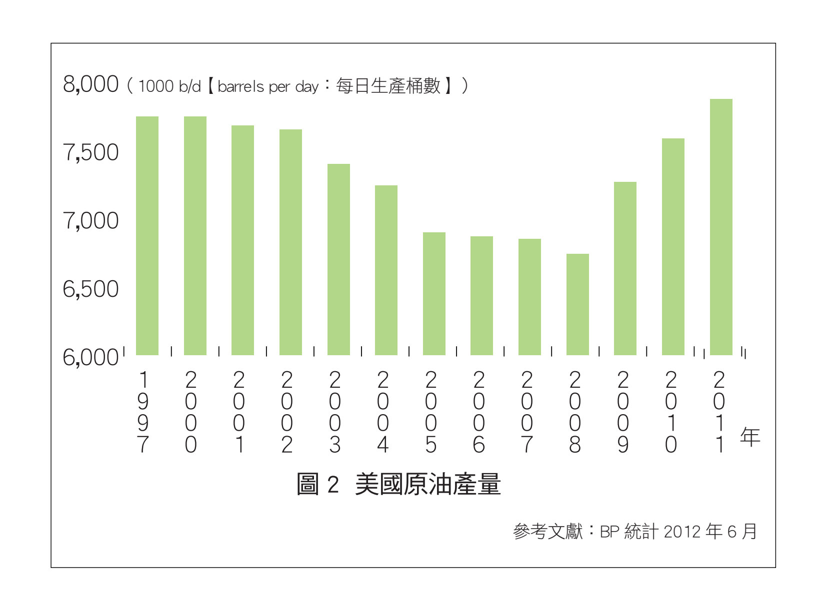


圖 2 美國原油產量

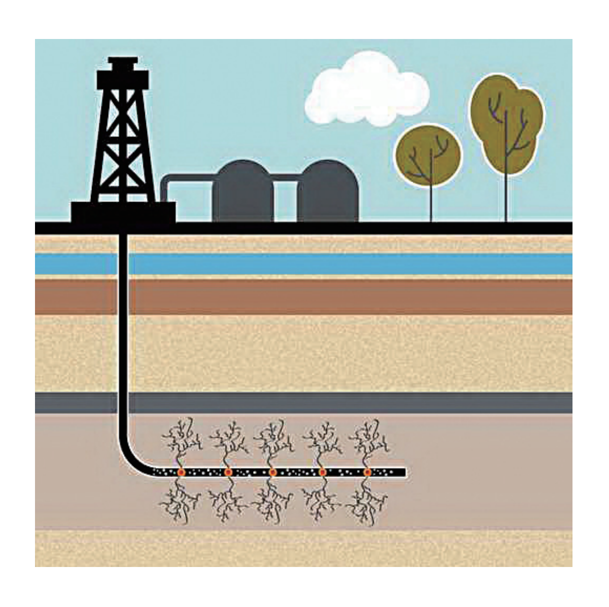
參考文獻：BP 統計 2012 年 6 月

於地下1,000-2,000公尺處轉成水平挖掘技術）、水力壓裂法（先在地下挖掘孔穴，再注入大量水、砂以及化學物質後開採天然氣的技術），或是使用微細遠隔感應器（微小的地震波探測地下地質構造的精密分析技術）等組合精密技術，成功的壓低頁岩油開採成本。

以現況來說，最佳條件的石油現貨市場，頁岩氣生產成本1百萬英熱單位（MMBtu）價格為1.5美元，美國在2009年即超越俄羅斯成為世界最大的天然氣生產國（如圖1）。

美國從頁岩氣革命擴大至頁岩油

美國的天然氣價格，21世紀初預測1MMBtu約10-15美元，然而至2012年4月時1MMBtu只要1.8美元（換算石油每桶為10.8美元）。與天然氣比較，今後頁岩油價格將和頁岩氣相同，持續的下降。2012年掘削的井有8成為頁岩油，2008年底開始，美國原油產量有急遽增加的趨勢（如圖2）。



美國國內原油和天然氣生產量於1970年達到巔峰，之後逐年下滑，原油價格卻以天文數字般上升。2008年原油生產量還未增加之前，美國投資銀行帶頭宣揚「資源枯竭論」。國際能源機構（IEA）於2012年11月12日發表「世界能

表1 非傳統型天然氣的蘊藏量（兆立方英呎）

	甲烷	頁岩氣	緻密砂岩氣	合計
北美洲	3,017	3,840	1,317	**8,228**
中南美洲	39	2,116	1,293	**3,448**
西歐	157	509	353	**1,019**
東歐	118	39	78	**235**
俄羅斯	3,957	627	901	**5,485**
中東	0	2,547	823	**3,370**
非洲	39	274	784	**1,097**
中國	1,215	3,526	353	**5,094**
其他	509	2,625	1,450	**4,584**
合計	**9,051**	**16,103**	**7,406**	**32,560**

參考文獻：美國地質調查所

源預測：至2017年，美國會成為世界最大的石油與天然氣生產國，能源自給率也將達到100%，不必再從國外輸入能源。」

頁岩內所含的石油及天然氣源自於根源岩（Source rock），現在已知的蘊藏量比「傳統型天然氣」大5倍以上（如表1），使美國今後250-400年間不必擔心石油和天然氣枯竭的問題。

美國迄今每日輸入超過1,000萬桶石油，是美國最大宗進口項目。一旦不需要輸入天然氣，加上不進口中東石油的話，貿易赤字削減的效果就非常顯著。為了中東原油的調配，世界產油地帶也是世界火藥庫──波斯灣的安全保障，在中東消耗大量軍事費用的必要性也隨之減少，對財政赤字的改善貢獻很大，與減少貿易赤字互有利害關係。美國天然氣產量中頁岩氣已占3成，頁岩油每日生產量超過100萬桶。

日本也進行頁岩氣的開發

2012年10月3日，日本石油開發企業的代表──石油資源開發公司，在秋田縣由利本莊市鮎川油氣田首先成功取得頁岩氣。在美國成為擁有「實際能源」的商業化國家後，日本也成功生產頁岩油，2013年10月3日首次在電視上大幅報導。該油田可開採蘊藏量為500萬桶，秋田縣全縣可開採量高達1億桶，每年可生產相當於日本石油消耗量1-2個月的原油。

事實上，世界全部原油蘊藏量1兆6,256億桶（如圖3）。在鮎川油氣田，自傳統型油田深度約1,800公尺處注入水以及少量的鹽酸，使石英岩溶解後即可開採頁岩油。

今後，利用水平掘削和水力壓裂法等開採頁岩油技術，擴大頁岩油的生產量，評估其經濟效益，2013年後計畫實施商業化生產。依最新石油工學的理論，頁岩的岩盤對水的滲透率極低，如果石油和天然氣在這種根源岩中都存在的話，則世界上到處都有存在的可能性。

就日本來說，秋田縣和新潟縣本來就有油田開發的實績，原來的油田將可能進

行頁岩氣與頁岩油的開採。日本是從海外進口99.7%石油與96%天然氣的依賴型資源小國，能源安全保障極為重要。日本有關頁岩氣開發技術的活用，進而向海外輸出協助開發頁岩氣和頁岩油，其展望將無可限量。

世界廣大頁岩氣革命與環境問題

能源消費僅次於中國居世界第2位的美國，能源需求的緩和對國際能源市場造成很大的影響。美國天然氣生產增加，會使燃煤電廠轉而使用燃氣電廠，向美國輸出煤炭的哥倫比亞將轉而向亞洲和大洋洲輸出。日本使用燃煤發電，從澳洲紐卡斯爾港（Newcastle Port）進口一般煤炭，價格從2012年11月14日一噸84.45美元，跌落至最高價格的一半，日本燃煤電廠一般煤炭價格均下跌，導致日本的發電成本



下降。

頁岩氣伴隨著液化天然氣的增加，美國蒙貝爾維市（Mont Bellevue）的液化天然氣價格只有沙烏地阿拉伯國營

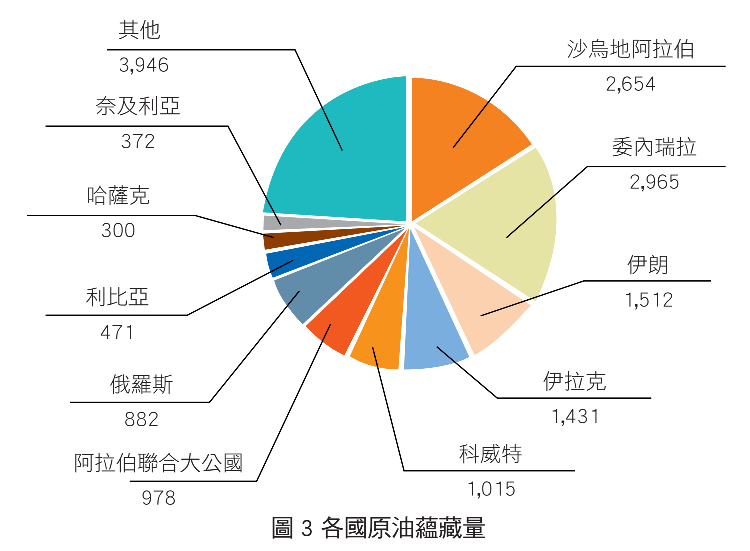


圖 3 各國原油蘊藏量

參考文獻：BP 統計 2012 年 6 月

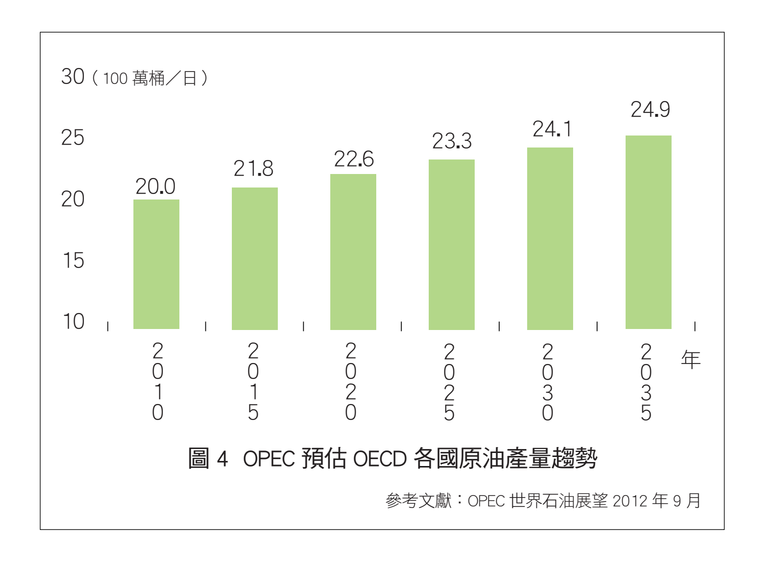


圖 4 OPEC 預估 OECD 各國原油產量趨勢

參考文獻：OPEC 世界石油展望 2012 年 9 月

石油企業──沙特阿美石油公司（Saudi Aramco）向日本報價的一半。

石油輸出國家組織（OPEC）表示，2012年11月8日因美國頁岩氣生產量增加，以及國際能源需求的緩和，石油輸出國家組織的原油供應也受到影響。預測在2020-2035年間，美國頁岩油生產量將增加至每日200-300萬桶。石油輸出國家組織也推測，今後由於美國及經濟合作開發組織（OECD）諸先進國家的原油生產量，2035年日產量將達到500萬桶（如圖4）。

頁岩氣的強項和傳統型天然氣與石油有差異，美國以外的國家均有廣泛的蘊藏量（如表2）。中國大陸的頁岩氣蘊藏量比美國還要高，中國已在四川和貴州省進行開採作業；中國政府未來的目標，2020年頁岩氣的生產量將達600-800億立方公尺；其他歐洲國家亦擁有頁岩氣，例如波蘭也開始開採頁岩氣。

頁岩氣帶來光明的希望，但今後的開發也將面臨許多課題。第1，開採頁岩氣需要注入大量的水，位於內陸的頁岩氣開採該如何調配水資源將是首要的問題。第2，注入地下的水源有可能污染河水與飲用水，環保團體對此提出質疑。第3，水力壓裂法會使地盤下沉，有發生地震的風險，所以法國禁止以水力壓裂法開採頁岩氣。第4，為了提高頁岩氣開採的回收率會注入多種化學物質，這些物質對人體的影響令人質疑。

目前美國東北部和加拿大均有開發頁岩氣，亦被要求公布注入化學物質的內容。美國東北部的環保團體影響力甚強，因開發頁岩氣會導致自來水內含油氣，使水容易著火，環保團體即用負面宣傳手法，意指開發頁岩氣將造成飲用水的汙染，來反對頁岩氣的開採。今後，進行世界性的開發也要留意地球環境保護，能源和環境保護的和諧極為重要。

能源專家對21世紀的環境總和作出評論，世界性的天然氣需求一再的增加，天

然氣集中在俄羅斯、伊朗、卡達等國家，蘊藏量占了一半，今後天然氣的分配具有風險，加上價格一再的上漲。

2008年能源通膨發生時，天然氣價格突破1MMBtu為20美元（換算石油為一桶120美元），特別是世界最大的天然氣消費國美國，天然氣進口的增加使得世界的天然氣需求緊繃，僅僅2011年美國就進口液化天然氣（LNG）高達3億9,000萬噸。

而天然氣蘊藏量豐富的俄羅斯和卡達，對市場具有顯著的影響力，日本也因為印尼及亞洲諸國的液化天然氣價格提升，使得電力公司因燃料費急遽提高而感到困擾。對美國輸出液化天然氣是卡達、印尼及澳洲等國的重大計畫。

但是，美國頁岩氣的革命伴隨著國內天然氣生產量的上升，2012年美國已經幾乎沒有進口液化天然氣，卡達頓失重要客戶，轉而出口歐洲諸國，使得歐洲天然氣價格下跌。



日本核電全部停止運轉也因天然氣來源無虞，幾乎沒有停電的現象發生，穩定的電力供給得到的並不容易。美國頁岩氣革命使得世界能源市場擁有多一種選擇，穩定調度也隨之增加，這種頁岩氣革命對世界能源分布將會產生重大的變貌。



表2　各國頁岩氣資源（兆立方英呎）

國家	原始資源量	技術性可回收資源量
中國	5,101	1,275
阿根廷	2,732	774
墨西哥	2,366	681
南非	1,834	485
加拿大	1,490	388
澳洲	1,381	396
利比亞	1,147	290
巴西	906	226
阿爾及利亞	812	230
波蘭	792	187
法國	720	180

資料來源：

岩間 剛一,“新規開發に注目が集ます シェールガス” Energy Review February 2013: p.19-22.

進口廉價頁岩氣取代核能？謎底揭曉

著・陳立誠

5月聯合報社論「這波核災傷害台灣，將不亞於福島之於日本」，結論十分正確。

社論指出「多數反核民眾都認為，若停建核四，電力缺口可由天然氣補上，且台灣可以改向美國採購較便宜的頁岩氣。政客其實多屬無知，但他們卻以訛傳訛地加深錯誤印象，這並無助於民眾對真相的認識。」

事實如何？據報載中油在3月底已與GDF SUEZ公司簽約，將在2018年起，由美國路易斯安娜州的Cameron氣源，每年進口80萬噸頁岩氣，合約長達20年。大家不要高興太早，以為台灣將可由美國進口「廉價」頁岩氣，將核四廢掉對電價沒有影響。

亞太地區進口液化天然氣價格每百萬英熱單位（MMBTU）約美金15-17元。美國頁岩氣在國內售價不過美金3-4元，差了4、5倍，無怪乎燃氣發電在美國極具競爭力。美國已好幾年沒有興建燃煤電廠，因為燃氣發電太便宜了。台灣許多人也因此誤解，以為由美國進口頁岩氣將會大幅降低我國燃氣發電成本，實現非核家園願望。

吾人可先複習一下各種發電方式成本的數據：以2012年為例，台灣當年燃氣發電每度成本3.8元，核能發電（現有電廠）每度成本0.7元。以氣代核每度電差價3.1元。以核電廠每年發電400億度計，以氣代核每年發電成本將增加1,200億元。與核四相較，核四因要計算固定成本，每度電成本約2元，核四每年可發200億度電，以燃氣取代每年發電成本增加350億元。

反核人士往往誤會，以為由美國進口「廉價」頁岩氣（只有目前購氣價錢1/4-1/5），則以上燃氣、核能差價將可大大減少，說不定核廢後電價也增加無幾。許多抱持這類美夢的人基本上並不了解，頁岩氣在美國是以氣態由輸氣管運送給客戶。但遠渡重洋到台灣來就要將天然氣先液化為液化天然氣（LNG, -162℃），再由特殊LNG船輸運到台灣，其液化及運輸成本都高於產地氣價，所以美國頁岩氣液化後運送到台灣的售價比美國當地價格要高上數倍。

據報載，中油由美國進口LNG的價格較現有由其他國家進口LNG的價格只便宜一成，數量也不到我國年進口量1,250萬噸的一成，換算燃氣發電每度成本價宜不到0.1元，燃氣發電每度成本與核能相較還是高出極多。廢核後如以天然氣取代每年發電成本仍將增加近1,500億元。這是台灣人民可以接受的嗎？進口「廉價」頁岩氣的迷思終於可以打破了。

聯合報社論結論「台灣無法寄望以進口廉價液化天然氣來取代核能」的結論完全正確。

（本文作者為吉興工程顧問公司董事長）

能源危機——德國製造

文．陳立誠

德國電費幾乎全球最貴，為維持國際競爭力，其工業用電電價雖只有住宅電價一半，但仍接近全球最高。在這種現實之下，企業界不但遲疑於在國內設新廠，甚至有1/4的業者已考慮遷廠到國外。歐盟能源官員也坦言，德國正在「去工業化」。英國一位名企業家也指出：「綠色能源主意是不錯，但和製造業無法並存。」德國工業界在目前的高電價下已是焦頭爛額，但雪上加霜的是歐盟還在調查，德國為維持國際競爭力而拉大住宅電價與工業電價的措施，是否違反了歐盟法律。

德國政治也頗為複雜，目前梅克爾總理屬於中間偏右的基督民主聯盟，與中間偏左的社會民主黨聯合執政。有許多新能源政策的主意其實出自社會民主黨。目前社會民主黨魁葛布利（Cabriel）擔任副總理，主管經濟及能源兩大部會，他的目標是在2017年大選時取代梅克爾成為總理。德國目前「廢核能」、「抗暖化」的兩大能源政策主軸已快走不下去了。為了該黨前途，近日社會民主黨發言人也坦言：「我們必需要確認再生能源是人民可以負擔的，我們也要認清同時廢核和廢煤是不可能的。」看來德國政府在政治壓力下，對其新能源政策已有動搖之勢。

德國全面廢核的時間表是2022年，全球各國都拭目以待，觀察德國是否真能達到廢核目標。還是如同瑞典一樣，早就過了多年前宣示的無核家園日期，但目前瑞典核電廠還是全力運轉供電。

看了德國雜亂無章的能源政策，無怪乎華爾街日報有篇社論的題目就是〈能源危機——德國製造〉（Energy Crisis-Made in Germany）。德國可是一個強國，能源政策受意識形態影響，荒腔走板。台灣有德國的家底嗎？政府也跟著環保界瞎起鬨，只怕將陷國家於極危殆的地步。

再生能源——劫貧濟富

德國的能源政策有兩大主軸：一為廢核電，二為抗暖化。為達到此二目標，最主要的手段就是大力發展再生能源。2012年德國再生能源（風力、太陽能、水力、生質能）已提供22%的電力，筆者嘗試以德國現況來討論社會面問題。

德國鼓勵民眾裝設再生能源的方法與大多數國家相同，就是保證20年收購價格，如果售電價格低於收購價格，其差價則由用戶補貼。這種政策造成了什

麼後果？

風機太貴，不是私人負擔得起的，所以裝置太陽能就成了一般人投資再生能源的首選。但太陽能板的成本也不便宜，只有有錢人才有閒錢（至少上萬美金）來裝置太陽能板。當然裝了之後，政府就以高價保證收購20年，大賺其錢。這也正是德國太陽能發展迅速的主因。但有人賺錢總要有人出錢，如前所述，高價購買再生能源的費用與售價的差額，將附加在電費上。這就發生了一個很奇特的現象：劫貧濟富。窮人沒有閒錢來裝設太陽能板賺錢，但窮人也要用電，其結果是因鼓勵再生能源，電費高漲，窮人以付高電價的方式來補貼有閒錢投資太陽能的富人。

德國住宅用電每度電費為台灣4倍，節約用電就成了全民運動，但富人和窮人節約用電的方法不同。住宅要省電最主要的方法就是購買效率高的節能家電。不論冰箱、冷氣、洗衣機都有高效率的機型，但其價格也較昂貴。但以生命週期而言，開頭花較高的價格購買的家電最終總會由節省的電費賺回來。富人花錢不手軟，紛紛採買高效率家電。

貧困家庭買家電通常是買最便宜的機型，但很抱歉，這些家電效率都較差。窮人就算知道以生命週期而言效率高的省電家電是正確的選擇，但就是沒有財力在開頭就購買較貴的家電。貧困家庭家電汰舊換新也慢，其結果是富人使用效率高的家電來節能，窮人已到了用不起電的地步，採取「不用電」的方式來節能。去年（2013）德國已有30萬家庭因繳不起電費而被斷電。

各國都一樣，富有家庭電費都高於貧困家庭，但以電費占家庭總支出的比例而言，情況正好相反。這就是為什麼貧困家庭對電費／能源漲價遠為敏感的原因，也是油電雙漲在社會引起這麼大反彈的主因。

不論是目前政府大力推動再生能源（千架風車、百萬屋頂）的政策或是反對黨的20/20新能源政策（在2020年再生能源發電量占總發電量20%），都請不要忽視將造成「劫貧濟富」的後果。

因核四爭議，台灣新聞界近來投入大量資源在過去十分冷門的能源議題。個人對新聞界一向是頗有微辭，但十分欣喜的發現，針對能源議題，新聞界是進步了。不但《聯合報》所刊登的〈明天的電——核去核從〉系列報導令人讚賞，4月《商業周刊》有一篇〈德國廢核，全民電價漲一倍〉的文章也令人耳目一新。

德國一向是國人高度欽佩的國家，聯合報採訪小組遠赴德國取經，寫了兩大版的報導〈德國篇／廢核決心高〉及〈德國篇／廢核代價高〉，與商周文章可互為參照。

（本文作者為吉興工程顧問公司董事長）

澄清院士連署書的誤解

文・林基興

今年4月27日中研院院士發表「對核四問題的看法與建議」連署書，關懷國事甚佳，但甚多誤解需澄清。

我國核電廠與地震

院士說，美國自然資源保護委員會「已點名全球位於極高震災風險區的反應爐有12座，其中6座在台灣。」但地理地質適合建廠否？是很專業的問題，以該委員會反核有名的立場，說詞可信度多高？

其實，為了核四地質等安全，我國已經花費甚多，若該廠地質不適合，我國不會自找麻煩。美國貝泰（Bechtel）公司調查核四廠址附近斷層，確認附近最年輕斷層為枋腳斷層，最後活動年代超過37,000年以上；中華民國地質學會、中央地質調查所、國科會等研究均顯示，核四廠地質適合。大海嘯多半源自與海岸線平行板塊大斷層錯動（例如福島），而我國東部琉球海溝與東海岸並非平行，因此我國不可能發生如福島那種規模的海嘯。今年4月28日，中國工程師學會聲明，台灣不會發生像日本福島的地震與海嘯。

3年前《天下》雜誌出現標題「全球最可怕的3座核電廠，台灣有2座」，吸引反核者一再宣傳，其實那只是網路新聞，作者引述美國反核者萊曼（Lyman）說核電廠附近居民多，因此「嚇人」（scary），並沒說「最可怕」。其實，也可用別種算法比較風險，例如，比較日韓台3國的核能機組密度（每萬平方公里的機組數），南韓（3.01）比日本本州（2.25）密集，日本又比台灣（2.21）密集。英國皇家科學院院士史畢格哈特（Spiegelhalter）為劍橋大學「民眾理解風險」教授，福島事故後他告訴媒體，願意住在核電廠旁邊，因相較於地震海嘯的巨大摧殘與傷害（2萬人死亡與失蹤），他不認為福島電廠釋放輻射是個「災難」，其威脅有限，而且能夠相當地量化其風險。

今年5月，某核能專家的院士指出，如何調配符合國情、兼顧環保、提供穩定可靠的電力，需要專家的評估，尤其具國際驗證的電廠經驗者，才有資格評斷電廠的安全可靠度，旁人不要憑「感覺」判定電廠安全與否，嚇唬別人，也嚇唬自己。

核電的使用向來備受爭議嗎？

院士說，核電的使用向來備受爭

議。其實，幾乎任何議題均有人反對，說核能「爭議不斷」，公平嗎？就像美國國家科學院報告所說，即使抽菸致癌的證據如山，還是有人反對致癌說詞；即使到今天，美國仍有組織宣稱「地球是平的」；均可稱爭議不斷嗎？

對於核四，院士建議尋求公投共識後，再決定是否續建及運轉。2009年英國民調核電，約半數英人答說「我對核能不夠瞭解，不足以表達意見」，為何英人這般「謙虛」？我國多少人瞭解核能而足以表達意見呢？或者，民調可當國家能源政策依據嗎？各院士專業研發產品，也要問民意而決定是否存廢？愛因斯坦提出相對論時知音寥寥，學界也沒用公投定奪其對錯。

37年前，台北市長林洋港籌建翡翠水庫而捱罵「太危險了，若水庫被炸就淹死多少人」，若他屈從反對者，哪來今日的順暢供水？社會需要高瞻遠矚的領袖，參酌專家意見，引導社會進步；今天社會人多口雜（10個經濟學家11種意見），討好民意往往弄得「父子騎驢」的窘境。

工程不統包就不對嗎？

院士說：「核四廠興建工程並非採取統包方式，而是分由多家廠商合作興建，工程介面複雜，一旦有緊急事故，可能無法即刻統籌因應。」可知院士缺乏工程經驗，更受到外界反核者屢以「拼裝車」形容核四的迷惑。

國際產品本會採用不同廠商擅長的系統而整合，核四廠雖然各個部分分別有負責的廠商，但同樣有統包商負責整合。現代科技的生產結構重視專業分工，核四主要設備的核能蒸汽供應系統由奇異公司負責提供，汽輪發電機系統由三菱公司提供，核能廢料處理系統由日立公司提供，各依專業分工負責執行。某核能專家院士指出，拼裝不是問題，要看怎麼拼裝、管理、控制、設計好系統，以及是否能透過系統的自動控制減少人為的操作不當；反而，拒絕拼裝的公司，諸如以前的電信巨人AT&T、航空大將TWA、王安電腦等，因產品不夠兼容、不具競爭力，逐漸式微，甚至消失。

統包多因業主自身經驗不足，台灣當時已有3廠6機組的經驗，分由多家廠商合作，正是表現台灣主導的實力和自信，遠勝於一些國家只能找統包商而被吃得死死的。此自傷的後果是，我國比韓國早發展核電，但韓國今天已可統包設計等整廠輸出，而我國呢？

民眾深切體會核電災害的嚴重性？

院士說：「1979年美國三哩島核災、1986年蘇聯車諾比核災，與2011年日本福島核災後，民眾深切體會核

電災害的嚴重性。」到底此3事件多嚴重？和其他能源事故相比呢？

三哩島事故

三哩島事故肇因是人為操作錯誤與機械故障，造成核電廠部分燃料棒因缺水無法冷卻，導致燃料金屬護套熔裂。但是2000年民進黨《廢止核四評估》提到，三哩島事故後，周圍居民肺癌、白血病、總體癌症發生率，都隨所受輻射劑量之增加而增加。新黨《反核四白皮書》也提及，三哩島事故造成孕婦生畸形嬰兒、嬰兒死亡率突增（賓州40%、紐約北部52%）。

事實呢？該事件釋出輻射劑量約0.01毫西弗，而一次胸部x光照射約6毫西弗，天然背景為1-1.25毫西弗。美國國家科學院等極具公信力報告均指出，釋出的輻射劑量對人與環境的劑量均可忽略。事實上，美國賓州（包括三哩島電廠所在地）因為氡氣含量高，三哩島電廠所在地居民平日受到氡氣的輻射劑量大於三哩島事件釋出的量。美國三哩島事件並沒導致任何人傷亡或生病，但媒體卻一再把該事件說成大災難，恐慌連連。

人們從錯誤中學習，核能界在三哩島事件後即成立核子安全分析中心、核能運轉協會。總統委員會提出報告，核管會也提出《從三哩島事件學到的教訓》，改善意見即在每個核電廠執行，可說從三哩島事件學到的教訓徹底改變整個核能產業。因此，自三哩島核能事故以來，美式核電廠沒有發生類似事故。

車諾比事故

車諾比事故主因是蘇聯設計錯誤，使用石墨作為緩和劑，但是像煤炭容易燃燒，而釋放大量火焰與煙霧，夾帶放射性物質擴散飛揚（西方美式則使用濃縮成3%鈾-235，以水當緩和劑）。車諾比反應爐危險，為何蘇聯要建造？因可產生核彈用鈽，也產生電力；其次，為維護「武器級」鈽燃料濃度，在反應爐中不可超過30天，而車諾比反應爐就配合此目的。西方反應爐的燃料放在容器中，需要1個月時間關閉反應爐、開啟反應爐、抽換燃料。因此，西方反應爐不適合生產武器級鈽。但在車諾比，1,700支燃料棒的每一支均包裝在單一管子中，不必關掉反應爐而一次打開一支（抽換燃料），相當方便，因此，車諾比適合生產武器級鈽。另外，為了抽換燃料，需要相當的空間操作，像美式反應爐裝置在圍阻體中，空間狹窄很不適合操作，所以，車諾比就無

美式圍阻體的安全保護。

搶救車諾比的消防隊員遭受很高的輻射劑量，主要來自放射性物質附著在他們身上，也受到高熱與化學燙傷；最嚴重效應來自皮膚上的貝他射線，如果他們穿了防護衣就可防止。事實上，當初若他們注意到移除身體曝露部位皮膚黏附的放射性物質，傷害大可減低。

車諾比事件顯示美式反應爐是正確的設計，幾乎所有蘇聯集團以外的核電廠均用美式設計。西方國家協助改善蘇聯式設計後，至今均無類似事故發生。

福島事故

日本東北外海規模9強震引發強大海嘯，沖毀福島核一廠輸配電系統，造成電源喪失，後來備用直流電耗盡，喪失所有餘熱移除功能，導致氫爆與放射性物質釋放。日本福島核電廠設計沒有周詳考慮到當地的地震海嘯歷史紀錄，福島電廠可承受規模8.2地震，雖然此次地震規模9.0，但在其安全餘裕內；至於海嘯，則設計為5.7公尺，但此次海嘯高達14公尺。此兩紀錄在公元869年即已有。

其實，當初日本若在反應爐缺水時，不要顧慮留存反應爐後續使用，儘快打入海水，福島事故就不會發生。福島事故顯示，核電工業不但沒比其他產業或能源事故嚴重，甚至更安全。龐大天災造成2萬人死亡和失蹤、多處大火，福島電廠（近40歲）承受著超過其設計基準的衝擊，發生事故卻沒有造成任何人因輻射而亡。全球每年2-4個輻射死亡案例，肇因於醫療或產業設備，和核電廠無關，然而媒體或民眾根本不在乎。在同一週，有30位煤礦工人死亡；2012年1月，日本北部大雪，因鏟雪事故死亡50人，社會均視若無睹。

2013年，世界衛生組織報告《健康風險評估：2011年東日本大地震與海嘯後的核子事故》總結，目前結果顯示，不論日本或外界，人類疾病可歸因於福島輻射而增加的發生率，可能一直低於可偵測值。

院士把三哩島、車諾比、福島3核電事故並列，好像核電工業永不會改進。其實，3事故後，科學家找出原因，據以改善，不會重複類似事故，這正是人類文明進步的動力。三哩島事故機組旁的另一機組，不但繼續運轉，還延役20年。今天的核工界已把安全提高到相當高層次，美、英、法、日、韓持續發展，連沙烏地阿拉伯等中東產油國，也知其油氣即將耗盡而發展核能。

讓全民信服的數據分析？

院士說，核四沒有讓全國人民信服的數據分析。但核四廠依據美國核能管制委員會規定，並經認證的安全度風險評估（PRA）方法評估，其安全測試紀錄與安全報告數十萬言巨冊。測試結果為爐心融毀頻率（CDF）是每



百萬年7.93次，早期大量輻射外釋頻率（LERF）是每百萬年0.57次。

這些測試過程與結論均為專業，充滿工程剖圖與數據，隔行如隔山，民眾哪有興趣瞭解或閱讀？院士看過這些資料嗎？院士為何斷言「未有讓全國人民信服的數據分析」？哪一件工程個案是「全國人民信服」的？怎樣定義「全國人民」和「信服」？院士還說「因此核四廠之續建及商轉與否，迄今爭議不斷」，核四爭議不斷和數據分析可說沒什麼關係，倒是和不懂核能科技有關，有些則只因意識形態的堅持。2000年，民進黨執政而再評估核四，會議委員之一為台北縣長蘇貞昌，多次會議缺席大半，但是最後結論時，蘇貞昌說反對到底；既然如此，何必再評估？正如清華大學李敏教授所言：「對核能有意見的人永遠可以說核四不安全，因為他們對安全的認知是主觀的。」

緊臨翡翠水庫？

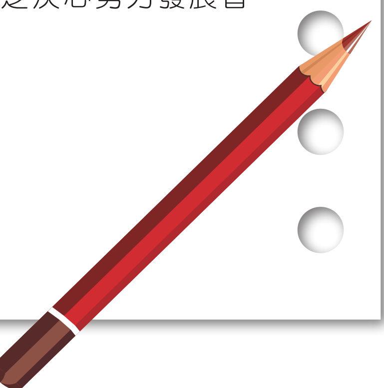
院士擔心核四附近人多，又怕污染翡翠水庫。可知在美國，紐約州印第安點（Indian Point）核電廠，距大紐約1千萬人口不到50公里，其冷卻水來自哈德遜河，正是紐約人的飲用水，美國人可曾因而寢食難安？

至於說「萬一天災釀成核電廠事故，或因人為疏失發生輻射外洩，將是萬年不復的末日浩劫」。其實，核四廠事故的天然和人為因素，已經用數學量化納入正式風險評估中，最後機率不是「萬一」，而是低於每百萬年1次。另外福島事故後，電廠全黑（喪失所有電源）造成的不確定性，相關反應爐降壓和灌水的能力已補正，例如，美國發展出的多元及彈性應變策略（FLEX）導則和聯邦法規10CFR50.44ii，或是台灣發展出的斷然處置措施。

經過三哩島和福島的教訓，用多重裝置將反應爐洩壓灌水冷却，其輻射污染外洩的可能性趨近零，「萬一」並非負責任的說法。

我國缺乏決心努力發展替代能源嗎？

院士說我國缺乏決心努力發展替



代能源，又說「在全國大量減碳的過程中，同時廢核」。

2011年，德國過渡能源政策要求淘汰核能與燃煤，代之以太陽能與風能。其如意算盤是，目前德國能源將近1/4為再生能源，2050年提升到8成，就可將二氧化碳排放量減少到1990年時的5%。但是太陽能與風能不穩定，一遇到缺風或日照不足時，即需找到備用能源，亦即要有可隨時啟動和關掉的能源。燃煤電廠需要幾個小時才能供電，燃氣電廠只要幾分鐘，但天然氣比較貴（燃煤的電費約為燃氣的一半）。德國的天然氣有1/3來自俄國（路經正在內亂的烏克蘭），因此不牢靠，只好器重煤炭，必須一直燃燒以備不時之需。再生能源就是看天而不穩定，要減少風險，只好如此倚賴自產豐富的褐煤，又可壓低電價。當前的德國雖有工業化國家中最多的風機與太陽能板，但其燃燒的褐煤（最糟的能源）也是工業化國家中最多。與燃燒天然氣比較，產生相同電能時，燃燒褐煤產生的二氧化碳約3-7倍。要減少全球暖化，同時需佐以碳捕獲與封存，但是德人又反對此作法。

因發展再生能源，德國電費大漲和停電（2011年超過3分鐘停電計20萬次）。2013年德國住宅電價約為我國的4倍，其貧戶（能源支出超過所得一成）數已由2008年13.8%增至2011年17%（約為690萬戶）；為解決再生能源高比例影響電網穩定，德國投入200億歐元巨資更新電網，但遭民眾抗爭建置進度嚴重落後。

2012年，美國的發電量中再生能源的比例5.33%（水力6.75%）；日本則為1.6%（水力8.4%）。以美日的強大研發能力，為何還弄不出大量的太陽能與風能？英、法等其他國家亦然。

對於我國，再生能源（主要是太陽能與風能）缺點為：屬間歇性電源而不穩定、土地可用面積有限、近期內成本仍昂貴。我國風力發電年利用率只三成（陸域28%、離岸38%），太陽光電更只有14%。電力輸出不穩定，易對既有電網造成衝擊，再生能源電力占比逾20%時，須克服系統供電穩定問題。我國發展太陽能很有限，一旦設置，其設置土地即至少20年無法他用，若廣泛設置會影響糧食安全、生態等；若發電量占30%時，須占地77,290公頃；發電成本偏高，太陽光電每度4.9-7.2元，若大量使用對產業用電及民生用電都是沉重負擔，國內部分陽光充沛地區併網饋線容量已滿。在風能方面，民眾抗爭風機噪音、距離民宅過近、炫光等，導致無法施工。

核廢料未獲妥善解決？

院士認為「核廢料之處理，並無完善之方法」，我們需要宏觀比較各式能源廢棄物的處理方法，以瞭解實

況。

核廢棄物

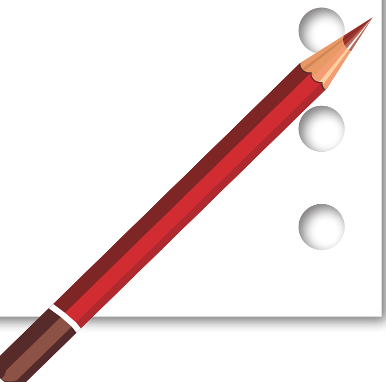
在台灣，核廢料分為低階和高階兩種。低強度廢料中，較長壽的核種是銫-137，每隔30年其輻射強度就變成原來的1/2。所以通常設計以保存300年為基準，此時，銫-137的強度只剩原來的千分之1。至於低強度廢料中最主要的鈷-60，只有原來強度的3百億分之一。

蘭嶼放置低階核廢料，全島設有超過50個偵測站，定期採取水土、岸沙、農畜海產試樣，一直以來，劑量率均在環境背景變動範圍內。台電員工宿舍離貯物僅15公尺，每年體檢均無任何人遭輻射傷害。但達悟同鄉會曾宣稱「核廢料輻射外洩造成近年蘭嶼癌症為居民死因之首」，只是誤會。

反核者可為權力利益而犧牲科學，弄得作法自斃。反核是民進黨的策略，在未執政前，一再宣稱蘭嶼核廢料是多麼污染當地，導致癌症或各種怪病，更激起蘭嶼原住民恐慌，持續抗爭。1999年民進黨總統候選人到蘭嶼，答應將核廢料遷出蘭嶼。2001年，前副總統呂秀蓮到蘭嶼表示，核廢料被送到蘭嶼對鄉民造成傷害，非常抱歉。2002年，《新台灣新聞周刊》專訪，呂秀蓮說：「5月31日我會去蘭嶼過夜，去年我去看過之後，我認為核廢料場沒有問題，是有些政客每年就要去挑它一下，所以我這次去就要住在核廢場旁邊，表示我跟他們在一起。」另外，她與記者餐敘時表示，目前沒有明確的科學根據，可以證明核廢料對人體及生態環境的危害，因此，她預定5月31日到蘭嶼，住在核廢場旁的台電招待所，並說：「如果我回來沒有死掉，就表示沒事。」總之，反核的民進黨執政8年，還是無解（留在蘭嶼），因沒執政前夥同反核者，將蘭嶼核廢料描述成「大量輻射、如同癌症與愛滋病般危險」，難怪民眾嚇得半死，因此，任何地區的民眾均可拿此擋箭牌拒絕核廢料，所以，反核的政府找不到接納地。

2006年，中研院院長李遠哲在「國家永續發展會議」指出，全世界二氧化碳排放量一直在增加中，台灣每年每人二氧化碳平均排放量是12.4噸，僅次於美、澳。二氧化碳的減量是當務之急，核廢料與核能安全問題並不嚴重，核二、核三廠應沿用，核四也應繼續興建。結果，引起環保者哇哇叫：「核廢料就搬到中研院好了」。

至於高階的核廢料其實不是廢料，因97%可再處理而成明天的能源。自用過核燃料萃取出的鈽與鈾可



以重新製造成燃料再利用，從降低廢棄物總活度或資源利用效率來看，廢棄物再處理都是最好的策略。絕大部分屬於非常短命的分裂產物，輻射強度會快速地降低。如果剛從反應爐退出來的核燃料總活度是1，則1年後，剩下1/75（1.3%）；10年後剩1/454（0.22%）。

核廢料在600年後放射性只剩下1%，做成玻璃固態，存放在不銹鋼容器中，往外依序為安定劑層、鈦合金保護層、防腐蝕層、結構套層、回填層（遇濕會膨脹）、岩層，放在地下300公尺岩層中。這些層層防護使得輻射外洩（污染）非常困難。

2002年，世界第一座高放射性廢料處置場在芬蘭Olkiluoto誕生，當地居民與芬蘭國會都以超過2/3的壓倒性多數同意興建。

值得反思的是，全國醫農工學研等產生許多核廢料，未聞一人（醫師和科學家等）出面扛責任，反而是台電一直不吭聲地捱罵，實在不公平。許多民眾享用核子醫學成果，也從未表示要處理自己產生的核廢料，卻會上街頭抗爭反核，何其虛偽。

反核者說不能用核電，因找不到存放核廢料處，實情是只要政府一說要放在哪裡，反核者馬上就號召民眾前往抗爭；在地質條件上，台灣有適合處，但反核者只知阻撓。

其他能源廢棄物

碳存在於所有碳氫燃料（煤、



石油、天然氣），因此，燃燒時會釋放出二氧化碳，是造成全球暖化的主因。國際原子能總署估算各類型發電方法「生命週期中，每度電的二氧化碳排放量」，核能為9-21公克、太陽能光電池100-280公克、風力10-48公克、燃煤966-1,306公克。氣候變遷影響農業的產出能力和全球糧食供應的穩定度。「酸雨」來自人為酸性污染物的影響，主要是硫氧化物（化石燃料等）、氮氧化物（工廠高溫燃燒過程等）。

美國每年有3萬人因火力發電污染死亡，數十萬人有氣喘、心臟及呼吸道毛病。2011年，世界衛生組織公布，小於10微米（PM10）的懸浮粒子

會導致嚴重呼吸道問題，其主要是來自火力發電、汽車排煙、工業化的二氧化硫和二氧化氮。全球一年有134萬人因空污早逝。

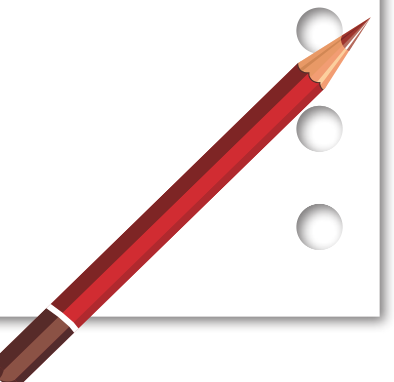
太陽能電池含硫化鎘，等幾年電池劣化後，硫化鎘很可能污染土地，而後傷人，其致死率遠超過核廢料幾千倍。另外，生產太陽能電池時需要有毒物質，例如氫氟酸、三氟化硼、砷、鎘、碲、硒等的化合物，均影響人體健康。

反核者稱核廢料為無解難題，是核能發電的罩門，因其眼中只有核廢料，「視而不見」其他毒物其實更多更傷人。比起其他大產業的廢棄物，核廢料實在是「特小巫見特大巫」。燃煤電廠釋放的化學致癌物則比核廢料超過約5千倍，燃煤的污染與其廢棄物處理正傷害許多人，卻沒人說那是無解難題。核廢料在200年後將衰變減少98%毒性，此時不比土壤中一些天然礦物要毒。這樣的情況比汞、砷、鎘等有毒化學物好多了，因為它們的毒性不會衰變永遠存在。美國工程院院士科恩提到「在美國，不論5百或10億年內，固化深埋核廢料導致的民眾死亡均比燃煤廢料少千倍以上，核廢料的處理常被渲染成未解問題，但燃煤廢料導致空氣污染每年害死萬人，是個已解問題嗎？」全球暖化迫在眉睫，有解嗎？

根據2007年《科學美國人》（Scientific American）專文，美國國家橡嶺實驗室在《科學》期刊發表的文章，產生同樣電力時，比較每年釋出的放射性，一般燃煤電廠的煤灰比核電廠多100倍以上（視集塵器效率而定，但其量還是比自然背景輻射小200倍），因為煤或天然氣都有相當成分的放射性鐳、釷、鉀、鈾，因燃燒而濃縮。因為衰變作用，核廢料隨著時間而減少毒性。但是化學品則否，一些化學品的致死劑量為硒化物0.01盎司（28.35公克）、氰化鉀0.02盎司、三氧化二砷（砒霜）0.1盎司。砒霜為除草劑與殺蟲劑成份，散布在生產食物的各地，也噴灑在蔬果上，又存在於土地中的自然礦物質。

英國的統計顯示，核廢料的產生量（約1%）遠低於其他工業設施所產生的有毒廢棄物（約99%）；其中高階廢料的產生量只占全部核廢料總量的4%。核廢料的產量較少，且其所釋出的輻射較易監測，再加上其危害的程度會隨時間衰減的特性，因此核廢料的處理與管制較其他有害廢棄物容易。

國人若擔心環境污染，則應更關心其他的廢棄物。2011年，《天下》雜誌484期報導，二仁溪因焚燒廢電



纜，而讓河道及沿岸土壤備受戴奧辛污染；台灣每年產生的廢棄物中，有害重金屬約100萬噸、一般廢棄物約1,600萬噸。台灣有800多處列管的污染土地。

大家願意共同承擔能源困境嗎？

院士說：「今日的能源困境，是大家所共同造成，因此我們也有義務共同承擔。」我國電力人人用，但產生的核廢料卻成過街老鼠，是因為缺乏關心與協助嗎？

1978年，日本松田美夜子於埼玉縣的川口市提倡垃圾分類的回收系統，稱為「川口方式」。1995年，日本原子力委員會邀她當核廢料委員。她不把垃圾當作製造麻煩者，而是要建立妥善管理廢棄物的社會。她曾自費到歐洲瑞典、芬蘭、法國、德國實地瞭解處置核廢料，體察歐洲將核廢料安全地放到地底下「睡覺」。從自然的輻射量、輻射的健康效應、處理廢棄物經驗，國人應為核廢料找個歸宿，入土為安。只要大家關心就找得出地點，何況，核廢料的量比起其他能源產生的廢棄物，實在非常少（與煤比，約為百萬分之一）。

台灣推動低放射性廢棄物最終處置計畫的隱憂是公投法的高門檻限制。依「低放射性廢棄物最終處置場址設置條例」，最終處置場場址須經所在縣市民眾公投同意。然而公投法規定，公投案須有超過50%的合格選民出來投票，且超過半數同意始能成案。由於低放射性廢棄物處置場遲遲無法設立，我國核電廠被迫在設施內增建許多貯存倉庫，這些貯存倉庫因安全要求嚴格，工程費動輒數億或數十億。估計台灣因廢棄物延長貯存，以及因貯存過久導致廢棄物桶銹蝕、破裂須重新檢整、裝桶所花費的錢將超過數十億台幣，而這些額外的花費都從我們所付的電費中支應。

諸如煤與油氣等化石原料，當能源燒掉很可惜，更佳用途是當醫藥與塑膠等民生物質。在地下億萬年才形成的化石原料，這幾代就快燒光了，何其浪費。人類為使用化石原料，全球每年漏油14億公升，反核者只是促使化石原料更快枯竭。

福島事故後，日本與德國大量火力發電，結果二氧化碳與其他廢棄物大量增加，今年4月，世界著名週刊《經濟學人》專文標題為〈何其不幸，煤成為未來燃料〉。為了提供穩定電力，火力與核能為主要能源，因此，廢核就需火力電廠。我國若廢核，也將和日、德一樣增加火力發電。但燃煤造成空氣污染，導致肺癌等傷亡。1952年倫敦的空氣污染造成成千上萬人死亡。2010年，空污導致全球22萬個肺癌致死案例。2013年，世界衛生組織將室外空污列為第一類的人類致癌物，也是癌症死亡的首要環境因子。去年3月，歐盟資助的衛生暨環境聯盟（Health and Environment

Alliance）指出，歐盟降低核能發電，增加燃煤火力發電廠（隱形殺手），導致超過1萬8千人早死，也使支氣管炎的新病例增加8千5百人；健康效應成本每年570億美元，德國則為80億美元。

因此，每次反核的成功，就是更多的火力電廠取代核電廠（每相同電量時，使用的核原料約只需煤量的百萬分之一，廢棄物量也類似），因此，就是每年「處死」一些人。

國家安全的考量

1865年，英國立法規定機動車輛（汽車和火車等），在城鎮區的速限為「最高每小時3公里」，而且其前方55公尺處，要有人先行拿紅旗警示民眾。今天有人要求台灣高鐵的時速3公里嗎？因為我們的科技知識進步很多，也不會遐想災害。

反核原為抗議核武（彈），但逐漸地擴大為反對使用核能，這是很不幸的發展。德國反核主因是美蘇冷戰時，核彈就擺在東西兩德對峙，讓德人心理大為恐慌；日本則因其為人類唯一受「原爆」的國家。反核運動對於我國，只是舶來品，國人不明辨慎思自己能源9成9靠進口，外交又孤立，較難搶到能源。諸如戰爭、價格飆漲、無法取得等國安因素，則核能（準自產能源）為最後靠山。2013年11月，日本北海道大學工學研究院教授奈良林直指出，沙烏地阿拉伯到2028年將無石油出口。屆時，各方搶購石油，台灣怎麼辦？

反核者說沒有任一電廠是絕對安全，因此，應關掉所有的核電廠。依此邏輯，應關掉所有設施、禁吃所有食物、不可待在室內（火災與地震壓死等風險），也不可待在室外（車禍與空氣污染等風險）；這些風險機率遠比核電高太多。即使發生福島事故，美式核電啟用60年來，無一人因其輻射死亡，但其他發電方式導致的死亡人數不可勝數。我國使用核電36年，貢獻良多，紀錄優良，全球核電國家評比可知，我國核電管理（第5名）遠優於日本（第26名），但國人就是自卑（日本會發生事故，台灣更會），實在不幸。

我國為島嶼獨立電網，不像德國有外國電力可支援。各式能源有其優缺點，我國需要取捨得最佳配比，這需要高明的能源專家專業設計，不是靠公投。一般民眾受到蠱惑而要求公投，院士們沒協助解釋核電科技，反而遷就公投主張。台灣若廢核，諸如韓國等我產業競爭國，將眉開眼笑。

（本文作者為科學月刊社前理事長）

福島電廠的下一階段：除污機器人

文・編輯室

福島一廠2號機建築內，兩個機器人正在清理污染廢棄物。一個新的在擦牆壁而另一個則是持續地刷地板。

雖然福島一廠在3年前的福島事故中發生爐心熔毀，且其他機組都嚴重損壞的情況下，2號機卻都沒有氫氣爆炸的狀況發生，相對的其反應爐建築因此受到比較小的損傷，建築物也密封良好，但這同時也意味著有一定程度的污染被困在反應爐建築中，在電廠工作人員重新進入反應爐建築前，必須先著手處理這些污染。

2013年11月，小機器人「浣熊」進駐福島一廠2號機建築，很有系統地清洗一樓的地板。2014年6月9號，從瑞典來了一個體型大很多、體重重達1噸的兄弟－改良過的富世DX-140（Husqvarna DX-140），加入了除污機器人的行列。

富世DX-140經東芝公司稍作修改後加裝了12個鏡頭、1個輻射劑量測量器，以及在其機械手臂上面加裝的兩個附件：化學拖把和吸嘴。在遠端控制下，它可以在路線上移動，用4隻可延長的腳固定住機身，用單一的機械手臂清理高於地面1.8至5公尺的牆壁，大約每6週一次，包括清掃輸送管、電纜槽，還有控制板以及各設備的表面。



▲有 1 隻手及 4 隻腳的富世 DX-140 機器人

機器人會放置在2號機建築物的一樓，是因為東京電力公司（東電）要檢查的圍阻體槽艙口即在此處，這需要另外的遠端控制操作，但工作人員得打開艙門才能架立設備。東電最終必須尋找適合的管道去了解爐心的現況，並制定計畫來移除殘骸。

資料來源：
http://www.world-nuclear-news.org/RS-Next-stage-for-robot-decontamination-1306141.html

福島電廠凍土壁施工中

文・編輯室

位於福島電廠周圍，用來阻擋地下水流入反應爐建築下方後受輻射污染的凍土壁建設工程已開始，整個工程預計需要9個月來完成。東京電力公司（東電）於2014年5月底獲得日本原子能規制委員會（NRA）許可後，6月2日即開始福島電廠凍土壁工程。

凍土壁技術早已廣泛應用於各土木工程建案，像是在水域附近興建隧道等等。福島電廠已完成小規模的凍土壁工程測試，然而，完整規模的凍土壁將會是目前世界上最大的冷凍土地作業。

東電計畫於地表下鑽入一批約30-35公尺深的洞，然後嵌入能讓冷卻劑打進地底下的導管，使周圍土壤冷凍，形成一面堅固的屏障包圍著反應爐建築。東電總共會嵌入1,550個導管至地底下，在1至4號反應爐建築周圍產生約1.5公里長的凍土壁。

根據媒體報導，東電其中一位代表表示「東電計畫在2015年3月，在試運轉前能完成整個施工工程」。凍土壁的整個工程需耗費約320億日圓（約新台幣94億），由政府授權東電完成施工工程，政府與東電只有共同努力才能讓福島電廠污水氾濫的情況受控制。

地下水的控制

減少污水的增加為東電首要處裡的危機，地下水只要一流經反應爐建築下方即受輻射污染。反應爐建築周圍每天有超過400噸的水遭到污染，除了地下水之外還包括了滲透至電廠內、流經導管，以及用來冷卻受損反應爐的水，這些污水最終都必須流入電廠的汙水儲存槽中。



▲福島電廠置入第一批 1,550 個鑽孔的工程已開始（攝影：東京電力公司）

東電近期開始抽取地下水，強制讓地下水改道，避免地下水流經反應爐建築。此地下水繞道設施能減少每天約100噸的汙水流入電廠內的污水儲存槽，減少東電必須淨化的污水量。除了地下水繞道設施外，東電還在反應爐建築跟海洋中間的地底下建造了一面不透水牆，加上剛開始動工的凍土壁，這些措施實質上應能有效減少電廠周圍地下水的流動。

資料來源：

http://www.world-nuclear-news.org/RS-Fukushima-ice-wall-under-construction-0206144.html

法國著手放射性廢棄物處置場的設計

文・編輯室

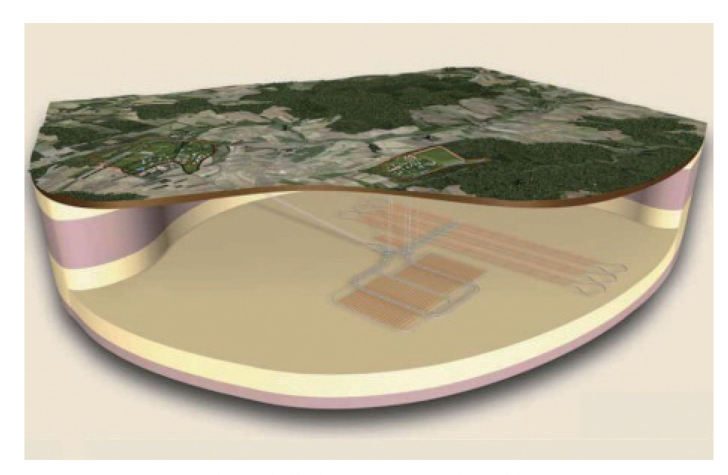
從1970年起即使用核能為主要發電方式的法國，至今已累積了一定程度的核廢棄物，並於近期開始執行廢棄物處置程序，著手設計未來的地下放射性廢棄物處置場──Cigeo。

這個為期4年、價值2,000萬歐元（約新台幣8.1億）的建案，由法國艾希斯騰（Assystem）、希技萊克（Cegelec）與斯貝克（Spretec）3個工程公司負責。艾希斯騰表示，他們將會在Cigeo進行「高水準且詳細的研究計畫」—核廢棄物桶的轉移及儲存的技術性程序。

上述提及的這些放射性廢棄物包含約2,700立方公尺的高放射性廢棄物，以及約40,000立方公尺的中放射性廢棄物，這些放射性廢棄物中有99%都是因核能發電而產生，他們提供了法國過去幾十年絕大部分的電力。

Cigeo廢棄物處置場是一個地下隧道系統的處置場，我們稱之為「坑道（Galleries）」，自布雷（Bure）的地底下，至巴黎東邊的莫茲河（Meuse）以及高級馬恩河（Haute Marne）地區。法國國家放射性廢棄物管理局（National Radioactive Waste Management Agency，ANDRA），花費多年時間研究此處置場址周圍的岩石構造，當初處置場選址時即是國家放射性廢棄物管理局所建議，在此地建立地下隧道來放置核廢棄物。Cigeo廢棄物處置場的工程設計工作於2012年開始承包，地下深度約500公尺的處置場，利用布雷特有的黏土構造形成天然的地質屏障，以防止任何放射性物質外釋的可能性。

艾希斯騰公司代表洛朗・多赫（Laurent Doher）指出，做此研究的目的是希望在申請執照前，能詳細說明Cigeo的系統以及其工程程序。艾希斯騰將會耗費5個月的時間來確認此建案的可行性，「這



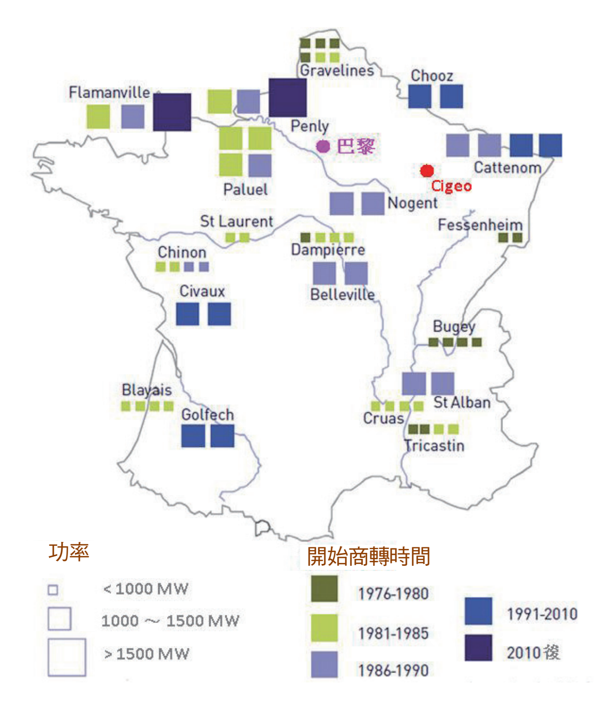
▲ Cigeo 地下放射性廢棄物處置場 3D 設計圖（攝影：ANDRA）

非常的重要，再來是我們及工程夥伴的發展藍圖，讓我們可以提出最好的技術，以及能產生經濟效益的方案。」

由國家放射性廢棄物管理局所控管的Cigeo廢棄物處置場建設工程計畫，於去年（2013年）向法國民眾公開並徵求意見，一系列關於Cigeo核廢棄物處置廠的說明文件，因「公民諮詢時段」的進行而變得容易取得，而民意將影響Cigeo廢棄物處置場的建設與運轉執照申請。在為期5個月（2013年5月15日至同年10月15日）的諮詢結束後，再以民眾提出的意見為基礎，進而對此工程計畫做出修改，並提供一個小型的試驗工廠，在應有的現實條件下測試所有放射性廢棄物處置的功能，像是控制經營風險的措施、移除廢棄物封裝桶的能力、監測感應器的配置、密封處置窖（cavity）和坑道的技巧等等。

同時，法國民眾也希望放射性廢棄物管理機構能准許此工程計畫擁有其可反轉性（Reversiblity），如果後代子孫決定移除核廢棄物桶也能更加的容易。「整個Cigeo工程計畫的發展以及運作，將隨著相關單位的投入不斷持續更新，並由政府來審核，諮商後的結果也是。」國家放射性廢棄物管理局表示。

Cigeo與其他任何廢棄物最終處置場設施的費用，都將由法國政府所持有的EDF電力公司集團，從法國59個運轉中反應爐的營收所得來支付（EDF為世界最大電力生產公司，生產歐盟22%的電力，除了歐洲以外同時輸出電力至南北美洲、亞洲、中東與非洲，而核能發電占EDF電力來源的84.7%）。EDF電力公司已經跟法商亞瑞華（Areva）公司合作，將用過核燃料再循環後製成混合氧化物燃料，同時將核廢棄物



▲法國核子設施位置分布圖

壓縮至最少。在EDF電力公司的中央帳戶中有約400億歐元（約新台幣1兆5,300億）是撥給廢棄物管理與核電廠除役的經費。

國家放射性廢棄物管理局將在明年2015年，提交Cigeo處置場建設工程的主要操作與配置計畫，以及一套安全與回收性的選擇給政府。建設工程申請應會在2017年提出，處置場工程與核廢棄物處置試驗階段分別將於2020年與2025年開始。

資料來源：
1.http://www.world-nuclear-news.org/WR-Designing-Cigeo-disposal-site-0206141.html
2.http://www.world-nuclear-news.org/WR_Public_comment_on_French_waste_disposal_16051311.html



芬蘭最終處置場執照審查延遲

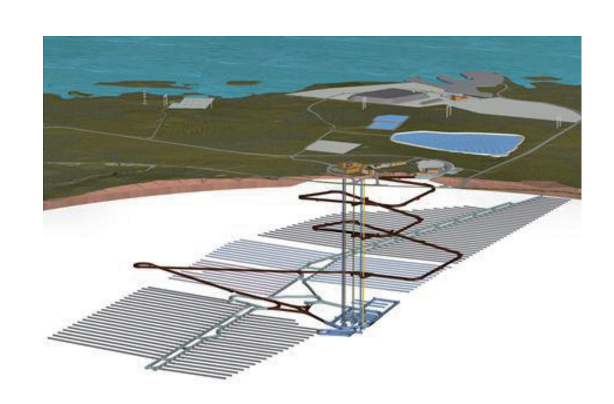
文．編輯室

芬蘭的核能管制機構需要再6個月的時間來審查Posiva Oy電力公司位於芬蘭歐基盧歐托（Olkiluoto）的放射性廢棄物封裝廠及最終處置場申請。

由芬蘭電力公司TVO以及Fortum成立的合資公司Posiva Oy，於2012年12月向芬蘭輻射與核安全局（Radiation and Nuclear Safety Authority，Stuk）提出建造許可申請，當時預計2014年6月底能完成建造許可申請的審核。然而，輻射與核安全局表示，Posiva Oy公司當時並沒有提供完整的資訊。而在2013年12月公布的新式安全規範，也造成歐基盧歐托核廢棄物處置場的審核延遲。

輻射與核安全局指出，假設他們於2013年12月完成審核，2014年1月向芬蘭經濟部繳交成果報告，經濟部會把執照申請以及相關資料上呈芬蘭政府審核。執照申請程序除了放射性廢棄物最終處置及封裝廠之外，還包含了能處理運轉中以及除役期間所產生的放射性廢棄物的設施。位於埃烏拉約基市（Eurajoki）的歐基盧歐托核電廠在2000年被選為Posiva Oy公司的用過核燃料處置場址。

封裝廠的用途是將用過核燃料以鋼與銅製的容器包裝起來，嵌入在地下隧道內的處置場。這個建於地底下400至450公尺的處置場，將用於處置芬蘭4座運轉中反應爐【歐基盧歐托1、2號機，以及洛維薩（Loviisa）1、2號機】所產生約9,000噸的用過核燃料，未來也將用於處置目前還在建設中的歐基盧歐托3、4號機所產生的用過核燃料。此最終處置場的作業預計將會在2020年開始，在處置場被完全密封前能持續使用100多年。



▲芬蘭歐基盧歐托高放射性廢棄物最終處置場是由位於地底下450公尺的網狀處置隧道所組成（攝影：Posiva Oy公司）

資料來源：

http://www.world-nuclear-news.org/WR-Delay-in-Finnish-repository-licence-review-2606144.html

瑞典電力公司面臨廢棄物處置經費飆升

文‧編輯室

瑞典的核能管制機關建議，瑞典電力公司能於2015年投入雙倍的經費在核廢料基金上，這筆資金的增加將伴隨著核電機組除役以及核廢棄物處置費用的重新計算。

瑞典輻射安全局（Stralsakerhetsmyndigheten，SSM）對瑞典核電機組每3年支出的費用做出評估，此評估部分是以瑞典用過核燃料管理公司（Svensk Karnbranslehantering AB）的預估為基礎。

根據瑞典用過核燃料管理公司的最新成本計算，除役與核廢棄物處置的總成本為1,360億瑞典克朗（約新台幣6,000億），而到目前為止該公司已為核廢棄物投入了約500億克朗（約新台幣2,120億）的資金。

但瑞典輻射安全局表示，瑞典用過核燃料管理公司極有可能低估大約11億克朗（約新台幣48億）的電廠除役與核廢棄物處置費用。這是瑞典輻射安全局以國家經濟研究院（National Institute of Economics Research，NIER）的未來成本趨勢分析而做的評估，同時考慮到瑞典用過核燃料管理公司所報告，其核廢棄物資金預期回收率低與成本日漸增加所造成的影響。

費用的上漲

瑞典輻射安全局已向政府提出建議，2015年核能發電的電費應該要上漲至每度3.8分克朗（約新台幣17元），瑞典目前電費為2.2分克朗（約新台幣10元）。同時他們也表示，用過核燃料管理公司必需以國家經濟研究院的資料為基礎，來實施修正過後的成本預估。

瑞典用過核燃料管理公司負責人克里斯多夫．艾克保（Christopher Eckerberg）表示，公司將會「仔細的審查來自各方提供所有的建議，在經過諮詢後一定會得到更完整的遠景。」不過他也指出，用過核燃料管理公司已經可以說出：「他們希望在計算中能以較長期的匯率為出發點，既然用過核燃料管理公司的設施還有70年的壽命可運轉，短期內匯率的改變應該不會對廢棄物處置費用帶來太大的影響。」

瑞典輻射安全局已在10月向政府正式提議前，於9月1日因「對產業提出新的費用」而要求回覆，期望政府能在年底之前對此費用做出最終的決定。

資料來源：http://www.world-nuclear-news.org/WR-Swedish-utilities-face-sharp-hike-in-waste-fee-2706144.html

核能新聞

文・編輯室

國外新聞

日本第 1 座機組通過安全審查重新啟動

日本川內核電廠1、2號機組獲得初步核准，得以重新啟動和發電。日本新的運轉執照審查制度最後階段，可能在10月完成。

這次的核准，意味著原子力安全規制委員會（NRA）認為這兩個反應爐以及電廠整體，可以安全的運轉。這是2013年7月8日原子力安全規制委員會正式宣布的新運轉執照審查制度中，最重要的組成成分。

（2014.07.16, WNN News）

俄羅斯核管機關核准加里寧 1 號機延役

俄羅斯國有核能企業Rosatom表示，俄羅斯核能管制機關ROSTECHNADZOR已批准加里寧（Kalinin）核電廠1號機的運轉期限延長，並簽署新的10年運轉執照。

這是俄羅斯第一次將現代化的核電機組壽命延長，至少到2025年以前，俄羅斯設計的VVER機組都會繼續投入商業運轉。

延役計畫開始於2009年12月，包括現代化與運轉維護作業超過5年。最後一組的維修在2014年年初時停止，完成了延長運轉執照發放的程序，可以持續運轉直到2025年。

Rosatom現正研究加里寧2號機的延役，預計將在2016年完成。加里寧核電廠位於特維爾地區，莫斯科西北約170公里處，有4個壓水式反應爐在商業運轉，各有950萬瓩的發電能力。加里寧1號與2號機於1985年與1987年開始商業運轉，加里寧3號和4號機則於2005年和2012年投入商轉。

（2014.07.02, NucNet News_No. 210）

中國大陸福清 4 號機反應爐頂蓋吊裝完成

中國核工業集團公司（CNNC）表示，6月24日福清核電廠4號機的反應爐頂蓋已吊裝到位，128噸的爐頂吊裝耗費70分鐘完成。福清廠址內現有4座CPR-1000壓水式反應爐興建中。

（2014.06.27, NucNet News_No. 26）

瑞典調整放射性廢棄物處置費用

瑞典輻射安全局（SSM）公布修訂後的放射性廢棄物管理費，瑞典每個有核設施運轉執照的單位都必須支付這筆費用。

收費調整後，共有5家公司受到影響，不過這些並不是反應爐的業主。他們是西屋電氣、瓦騰福（Vattenfall）公司、斯杜思維克（Studsvik）核能公司、瑞恩斯塔德（Ranstad）礦產公司和查爾姆斯（Chalmers）理工大學。這些單位和工業界合作，提供核子工程課程以及進行核子研究。

費用調整範圍從最低的查爾姆斯理工大學一年約8,500歐元（新台幣345,000元），

到最高每年約5.4萬歐元的瓦騰福公司。

瑞典核子設施的運轉公司所提供的資金則維持不變，這些公司是福斯馬克（Forsmark）、OKG、潤厚斯（Ringhals）、巴塞貝克（Barseback）、斯杜思維克。費用是每年的第一個月交付給該國的放射性廢棄物處理基金，這包括所有從事核子活動所產生的放射性廢棄物的管理費用。瑞典現有10座反應爐分別在福斯馬克、歐斯卡鄉（Oskarshamn）及潤厚斯3地商業運轉。

（2014.06.26, NucNet News_No. 202）

加拿大核管機關將為達林頓新建機組提出上訴

加拿大聯邦法院撤銷給予安大略電力公司（OPG）在達林頓電廠建造新反應爐的許可證，核管機關已決定將提出上訴。

法庭將達林頓新機組環境評估（EA）退回給相關的委員會作進一步考量，包括解決一些環境評估分析的「差距」。

本案吸引了一些非政府環保組織，挑戰「聯邦達林頓新核電廠計畫」中的一部分——安大略公司計畫興建4個新反應爐的規劃。包括綠色和平組織，這些非政府環保組織質疑聯邦環境評估是否充分，以及該計畫的現場準備工作許可是否足夠。

加拿大核能安全委員會（CNSC）已經證實將會上訴，在上訴通知書中說明，聯邦法院裁決的許多方面有「法律錯誤」。安大略公司表示，2013年7月已收到達林頓電廠2個機組的興建計畫、進度與成本估算。該廠址目前有4個機組進行商業運轉。

（2014.06.23, NucNet News_No. 197）

中國大陸昌江 2 號反應爐壓力容器吊裝到位

中國核工業建設公司（CNICC）表示，已於2014年6月5日將昌江核電廠2號機反應爐壓力容器吊裝到位，反應爐壓力容器重約250噸。昌江電廠位於海南省，目前有2個機組在興建中，是中國CNP-600的設計。

（2014.06.20, NucNet News_No. 25）

英國與中國大陸簽署重量級核能合作協議

英國和中國政府簽署「里程碑級」的合作協議，證實中國企業只要能符合英國獨立的核能管制機關嚴格的要求，就可望在英國擁有並經營中國設計的核電廠。

英國能源與氣候變遷部表示，兩國政府還簽署高達數億元英鎊的四方民用核能協定，促進英國公司在數年內有關放射性廢棄物處理與除役方面的合作。

一份雙方民用核能合作共同聲明中提及，英國政府非常歡迎中國企業投資並參與辛克利點（Hinkley Point）C電廠的興建計畫，同時也能逐步的廣泛參與投資英國其他新建核電廠的計畫。

聲明中也提及，這可能包括帶領開發英國其他核電廠廠址，以及中國設計反應爐技術應用在英國的潛力。中國方面表示，已體會到對於中國在發展核能上英國是個「完美夥伴」。

四方協定包括英國能源與氣候變遷部、國際核子服務（英國核子除役管理局的商業機構）、中國核工業集團公司、中國原子能管理局之間。涵蓋範圍包括核燃料循環、除役、放射性廢棄物管理與處置。

（2014.06.18, NucNet News_No. 190）

中國大陸與義大利簽署除役與廢棄物合作計畫

中國的核能公司已與義大利國有的SOGIN公司簽署合作備忘錄，據稱這是進行核子設施除役以及管理放射性廢棄物的第一步。

該備忘錄是中國通用核電集團（CGN，原中國廣東核電集團）和SOGIN公司（專門從事核子設施場址和放射性廢棄物的環境整治）對一系列計畫的合作意向。

SOGIN公司表示，備忘錄內容有關一些具有潛力的計畫，包括除役成本的研究、從中國通用核電集團擁有的核電廠中移除用過核燃料、中國放射性廢棄物管理的合作，以及放射性廢棄物處理的研究。

中國通用核電集團則表示，該備忘錄將使兩家公司擁有深厚的合作關係，特別是在核子設施除役和放射性廢棄物管理方面；此舉也是呼應中國政府鼓勵國內核電企業加強國際合作的政策。

（2014.06.12, NucNet News_No. 184）

印度庫丹庫拉姆 1 號機可於 7 月開始商轉

印度南部的泰米爾納德邦的庫丹庫拉姆核電廠1號機第一次達到全運轉功率，可以在7月開始商轉。

印度核電公司（NPCIL）表示，俄羅斯的VVER-1000壓水式反應爐，可輸出917百萬瓦電，於6月7日達成全功率運轉的里程碑。這項測試將呈報原子能管制委員會進行審查，最後一關就是以100%功率持續運轉。

在庫丹庫拉姆興建的這2座VVER-1000機組，是印度與俄羅斯於1988年簽訂的合作協議的一部分。1號機於2013年7月首次達到臨界，同年10月連上電網，此後，隨著管制單位每個階段的審核批准，電力產量逐漸增加。

（2014.06.10, NucNet News_No. 181）

日本工商團體緊急呼籲重啟反應爐

日本原子力產業協會（JAIF）表示，日本三大工商團體緊急呼籲政府應加速重啟安全性已得到證實的反應爐。

日本聯合經濟組織（Keidanren）、日本工商會（JCCI）與日本企業管理人協會（JACE）表示，他們擔心急劇增加的進口化石燃料，而迫切需要的50座商業反應爐卻全面停機，都將繼續阻礙經濟增長。

這3個組織表示，最迫切的問題是盡早恢復廉價電力的穩定供應。他們呼籲重啟該國的反應爐、檢討上網電價和徵收「全球暖化稅」。他們認為，該國的核能管制機關-原子力安全規制委員會（NRA），應加快對反應爐重新啟動的安全審查程序。他們還表示原子力安全規制委員會的人才結構應加以改進，並要求澄清什麼是「重新處理期間」。原子力安全規制委員會表示，正在加快停機反應爐的重啟工作。

為因應2011年3月發生的福島事故，原子力安全規制委員會成立於2012年，是一個獨立機構。該委員會於2014年2月時將「符合新的地震和海嘯準則」的核電廠列入優先表，目前正在進行審查，以確認反應爐能符合2013年7月8日生效的新核能安全標準。目前日本50個反應爐中只有2個——關西電力公司的大飯3號機與大飯4號機，在福島事故後曾重新啟動。隨後，這2個機組因為進行定

期更換燃料與大修而停機。

（2014.06.09, NucNet News_No. 180）

香港需要來自中國的專用核電

香港核能學會表示，如果經由專用傳輸線增加從中國進口核電的量，香港的電力供應將更加可靠並且具有成本競爭力。

香港核能學會雖然支持使用更多的核能，但是認為政府建議的一個選項──購買來自中國南方電網（CSG）的電力，並不能滿足可靠性、環保與成本效率的預期程度。這是香港核能學會因應香港政府對未來能源結構所做的公眾諮詢所提的觀點。特別行政區30%的電力是經由專用傳輸線自特定的核電廠進口，目前是鄰近的廣東省大亞灣核電廠。

根據大亞灣電廠電力傳輸的模式，在緊急情況下香港可以斷開與廣東電網的連結，同時也可確保從電廠安全地傳輸電力給香港的消費者。香港核能學會表示，目前香港與南方電網供電區域之間供電可靠度出現差異，由政府提出在香港停電或是南方電網發生問題的情況下，電網與電網之間如何互聯，以保持供電的可靠度，是值得深切關注的議題。香港核能學會表示在公眾諮詢文件中，這個問題並未被解決。

香港核能學會說，南方電網公司是電力網絡運轉商，而不是電力生產者，香港應否向南方電網買電，就會出現「沒有辦法知道是哪些電廠供應香港電力，以及其相對應的環境足跡；或是香港消費者最終應付的價格」等問題。「大陸當局將不時的修訂燃料成本、上網電價、輸電費用及其他費用，我們也將無法監控電廠的運轉和安全績效。」

根據2014年3月公布的諮詢文件，香港正考慮採購中國大陸的電力以供應另一個30%的需求，而23%以上來自大亞灣電廠的核電並不會淘汰或減少。香港的電力需求約77%是由本地電廠滿足，其餘23%經由專用的傳輸線進口大亞灣電廠（擁有2個壓水式反應爐）的核電。預期香港整體用電量將逐步增加，但是從大亞灣進口核電的比例可能在2020年初下降到20%。香港公用事業中國電力公司將盡量降低電費上漲的影響，安排未來幾年內從大亞灣電廠導入額外10%的電力。

（2014.06.06, NucNet News_No. 179）

目前世界運轉中核電機組共有426部

至2014年1月為止，全世界運轉中的核電機組共有426部，發電裝置量共38,635萬瓩，比2012年減少3部機組、共187萬瓩。

福島事故以來，核電開發一度停滯的氛圍極其濃厚，但在2013年美國打破維持35年來的做法，重新核准4部全新標準的機組動工；中國也不受其影響繼續致力於核電的建設與商轉。自1992年開始，全世界共有81部機組在建設中，以中國大陸的31部為最多，最耀眼。亞洲地區正在建設的核電機組占全世界的6成，其他如白俄羅斯也開始建設反應爐，阿拉伯聯合大公國則有2部建設中。白俄羅斯第一部機組預定2018年開始運轉。2013年加入運轉的核電機組有中國2部、伊朗1部。伊朗加入後，世界上擁有核能發電的國家已增至31個。

（2014.04.17, JAEA News）

國內新聞

核三廠桶槽基樁耐震經得起檢驗 絕非一般建築手綁鋼筋能相比

核三廠防震強化工程從設計、施工到檢驗都有嚴謹的設計及監督機制，其中的基樁鋼筋籠本來就應該用焊接方式施工，一般建築物的手綁鋼筋法絕不能和這種核能等級的大型工程工法相比。

台電指出，核三廠桶槽強化防震基樁施作工程事先經過技術顧問公司土木技師設計，並依照施工圖規定及耐震規範進行施工，施工全程更有品保、品管人員的嚴格管控及監督。基樁鋼筋籠採用的焊接工法比一般鋼筋手綁銜接工法更堅固耐震得多，工程施作完成後，並依規範執行側向力及耐震承載壓力的測試驗證，確認基樁符合耐震安全設計規定。核三廠耐震工程完成後，周邊設施耐震強度已從0.4g增加到0.76g，大幅提升耐震能力，可確保電廠安全。

（2014.07.16, 本刊訊）

核一廠早已改用新型燃料棒 破損率是零

核一廠早在民國85年便改用新型高燃耗度燃料，發生燃料棒破損機率微乎其微，即便發生也都能經由監測發現並妥善處理，不會影響環境或民眾健康。

1.燃料破損通常與爐心水質及燃料製造品質等有關，與燃料棒燃耗限值關係不大，當今先進製程已大幅降低燃料破損率，國際經驗顯示目前使用的高燃耗度燃料破損機率遠低於數十年前的舊型低燃耗度燃料。

2.反應爐核燃料發生破損必然導致爐水放射活度升高，可經由活度監測發現，洩漏的物質會被核電廠的淨化過濾系統吸收，不會影響環境或民眾健康。

3.北台灣用電供需長期失衡，核一廠的裝置容量雖在整體系統中占比不高，但核電因為可長時間滿載發電的特性，是北台灣極為重要的電源。以7月7日為例，當天用電破歷史新高，北台灣尖峰用電時段需求為1,438萬瓩，但供電能力僅1,278萬瓩，不足160萬瓩須仰賴南電北送。當日若核一廠停機，則北部將再少掉127萬瓩供電能力，停、限電風險將大幅提高。台電表示，即便反核也須面對現實，核一廠對全台供電貢獻良多，對北部更是不可或缺，怎麼會說停止運轉對電力供應無顯著影響？

（2014.07.10, 本刊訊）

連續第 8 年國際確認我國「所有核物料均用於核能和平用途」

國際原子能總署（IAEA）公布2013年全球核子保防實施總結報告，我國連續第8年被宣告為「所有核物料均用於核能和平用途」國家之列。

2013年總署核子保防體系涵蓋全球180個國家。世界各國被宣告成為「所有核物料均用於核能和平用途」的國家，必須經過總署一套完整而嚴謹的調查與評估作業，包括相關資料提報、定期視察、無預警視察、補足性進入、透明度訪查、現場訪談、環境擦拭取樣等，並須每年審查再確認。我國自2007年起首度被總署宣告為所有核物料均用於核能和平用途的國家，今年已連續第8年通過審查確認我國「所有核物料均用於核能和平用途」。

總署的宣告除了肯定我國已有充分能力

確保國內所有核物料均用於核能和平用途之外，也有效消弭多年來國內外媒體對我國有無發展核武的疑慮，證實政府「不發展、不生產、不取得、不儲存、不使用」核武的一貫政策。對於國內核子設施的核子保防工作而言，總署除於2008年初開始對我國實施簡化的視察方案，減少例行視察的頻次，並續與我國增強實質的合作關係，持續加強雙方資訊的交流。

（2014.07.09, 本刊訊）

燃料棒該退就會退 所有留在爐心的核燃料棒都是正常的

核燃料從設計、製造、使用到退出反應爐均受到嚴謹的專業管控，每次的核燃料再裝填，除廠家分析、台電自行及委託專家審查外，運轉前另須獲得主管機關原能會的核准，確保安全無虞。

對於報載指稱燃料匣會變形卡住控制棒的情形，台電表示目前全球核電廠包括台灣皆早已採用新型的鋯合金材質（Zr-4）燃料匣，不會有燃料匣嚴重變形致影響控制棒插入的情況發生。相關說明如下：

1.核能機組目前的運轉週期設計為18個月，但因配合各電廠歲修的調度需求，核能機組實際運轉天數會有所調整，因此每次大修實際更換核燃料並非固定的數量。

2.核燃料的運轉限制是燃耗值（GWd/MTU），而不是運轉天數，不管更換多少燃料棒，留在反應爐內的燃料棒均會在設計的燃耗限值內。

3.核一廠的安全營運對於供電穩定及經濟發展至關重大，其計畫採用的乾式貯存設施是國際上已行之多年的成熟技術，也是很普遍的用過核燃料中期貯存方式，為因應乾式貯存計畫的啟用延遲，核一廠明年初大修退出的燃料棒數量雖較以往每次大修少一點，但僅會縮短運轉週期，不影響發電功率，更沒有安全性的問題，不過仍會降低燃料使用效率，因此台電公司仍以及時執行核一乾貯熱測試為首要目標。

（2014.06.10, 本刊訊）

台灣核能級產業發展協會理監事改選 順利圓滿

會員含括我國核能相關電機、機械零組件、產學研界的台灣核能級產業發展協會（TNA）日前舉辦2014年會，同時改選理監事，由益鼎公司董事長羅守緯當選新任理事長。同時常務理事、監事也產生。

新任常務理事為台電處長簡福添、中鋼助理副總陳海平、核研所所長馬殷邦、台綜院院長吳再益。理事則由台電專業總工程師蔡富豐、銘榮元公司總經理廖士銘、俊鼎公司董事長黃同銡、誠兌公司董事長陳運慶、亞炬公司總監許信惠、榮剛公司總經理張世豐、泰豐公司總經理徐徵祥、東元公司總工程師施兆興、力鋼公司副總經理李原清、核資中心董事長朱鐵吉、中機公司總經理王璣及工研院經理毛維雲擔任。

後補理事為電檢中心副執行長林育堯、國森總經理陳世輝、公元公司副總經理蔡慎明、南寧公司副總經理王良中、良聯公司總經理薛良田。

監事則由山水公司總經理黃明星、柏林公司總裁陳文源、鋐原公司副總經理孫咸仁、華新麗華公司部長呂錦任出任。並選出清大原科院教授李敏為常務監事。後補監事為福臨公司總經理張茂林。

（2014.06.12, 本刊訊）

台電經營績效，夠國際水準嗎？

★台電經營有績效 → 不遜於先進國家

- **送電效率高，線損低，不浪費** → 2010~2012年間，全球大裝置容量的綜合電業，台電線路損失率表現，不遜於歐美日等先進國家。
- **員工生產力，世界水準** → 員工生產力平均每人售電量**876萬度**，世界水準以上。

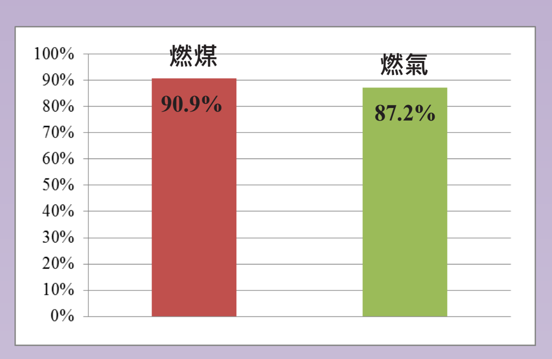
電力公司	線路損失率
韓電	3.6%
台電	4.4%
日本中部電力	4.5%
日本東京電力	4.8%
日本關西電力	5.0%
德國萊茵集團	5.0%
義大利電力	6.0%
美國南方電力	6.1%
法國電力	7.2%
南方電力	10.3%

電力公司	每員工售電量
韓電	1466萬度
魁北克電力	1027萬度
台電	876萬度
日本中部電力	757萬度
日本關西電力	713萬度
美國南方電力	694萬度
日本東京電力	693萬度
法國電力	547萬度
南非電力	473萬度
德國萊茵集團	389萬度

註：2010~2012年比較資料

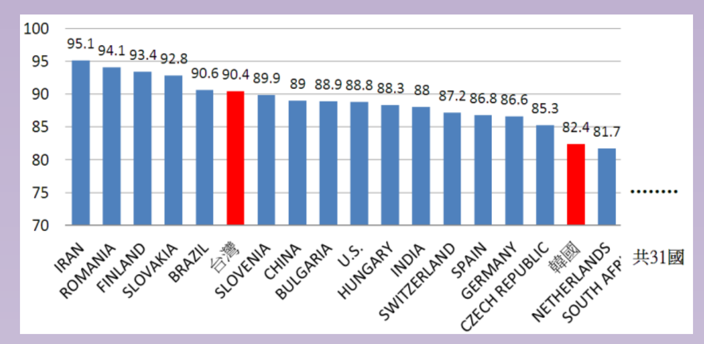
★火力機組效率優良、核電廠績效國際評比優異

- 燃煤及燃氣機組全年**可用率**均超過**85%**，顯示機組運轉良好、效率優良。
- 國際原子能總署評比顯示，台灣核電廠績效**世界排名第6**，成績優異。



102年汽力燃煤與燃氣機組可用率

註： 機組可用率係指機組可供電時數占全年時數百分比。



100-102年核能機組能力因數(UCF)

資料來源：國際原子能總署(IAEA)官方網站Power Reactor Information System(PRIS)/World Statistics